



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO**

**Composición y estructura de la comunidad de arañas  
en el sistema de cultivo de soja transgénica**

**TESIS DOCTORAL**

**Mag. Marco Antonio Benamú Pino**

Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE)  
(CCT La Plata - CONICET - UNLP)

Directora: Dra. Norma E. Sánchez

Co-directora: Dra. Alda González

**2010**

## ÍNDICE

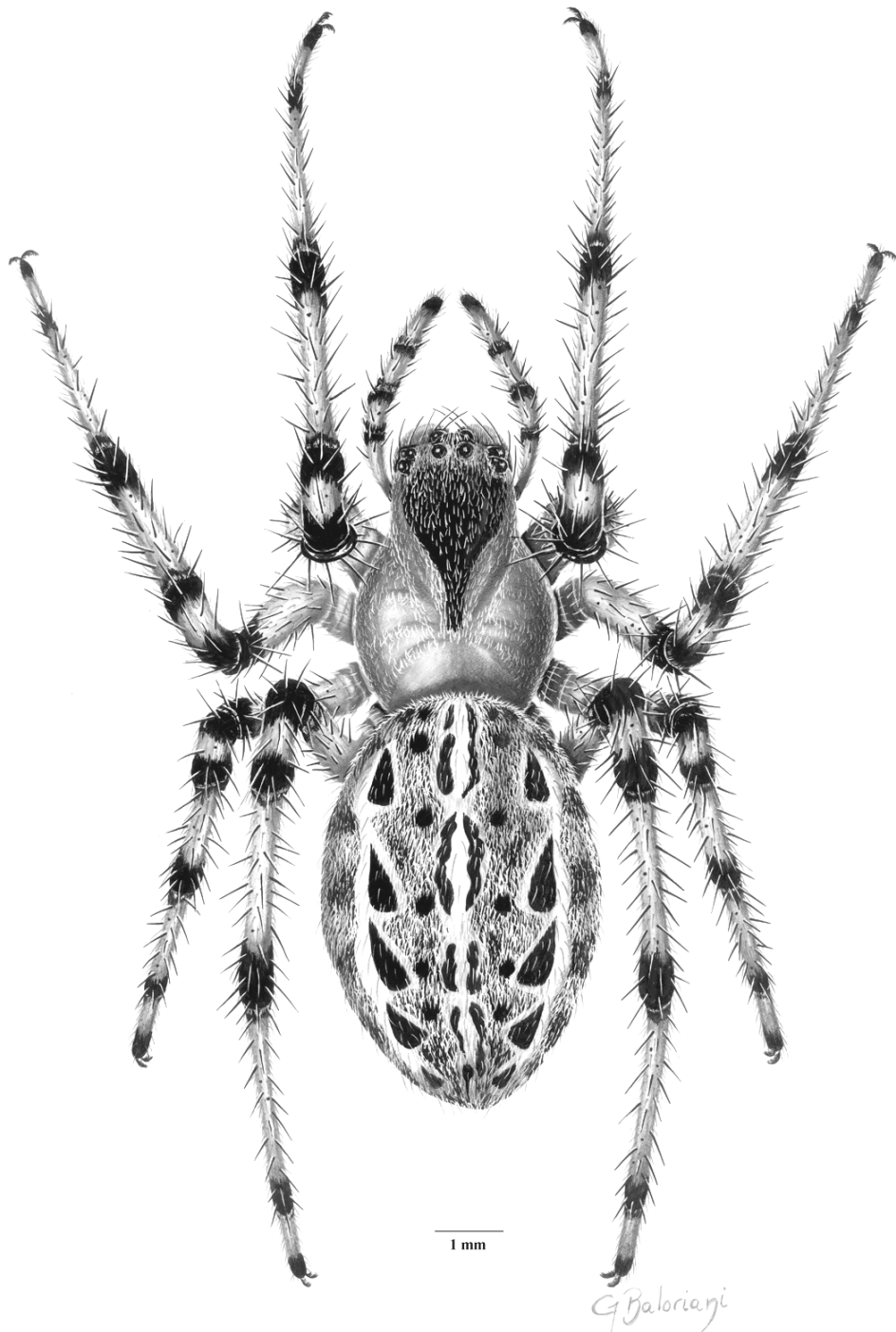
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>	<b>17</b>
<b>OBJETIVOS GENERALES.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO I: Composición taxonómica, diversidad y estructura de la comunidad de arañas presente en el sistema de cultivo de soja transgénica (soja RR)</b>	
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
<b>1. Área de estudio .....</b>	<b>25</b>
<b>2. Métodos de recolección .....</b>	<b>27</b>
<b>3. Abundancia .....</b>	<b>28</b>
<b>4. Análisis de la Diversidad Alfa .....</b>	<b>28</b>
<b>5. Análisis de la Diversidad Beta .....</b>	<b>34</b>
<b>6. Estructura de gremios en las comunidades de arañas .....</b>	<b>35</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>1. Cultivos de soja transgénica de primera y de segunda siembra .....</b>	<b>35</b>
<b>1. 1. Abundancia relativa .....</b>	<b>35</b>
<b>1. 2. Análisis de la diversidad alfa .....</b>	<b>39</b>
<b>1. 3. Análisis de la Diversidad Beta .....</b>	<b>46</b>

1. 4. Estructura de gremios en las comunidades de arañas .....	46
2. Cultivo de soja de segunda siembra y vegetación adyacente .....	49
2. 1. Abundancia relativa .....	49
2. 2. Análisis de la Diversidad Alfa .....	51
2. 3. Análisis de la Diversidad Beta .....	62
2. 4. Estructura de gremios en soja de segunda siembra y área de vegetación adyacente .....	63
 DISCUSIÓN .....	 67
 <b>CAPÍTULO II: Biología y parámetros poblacionales de <i>Alpaida veniliae</i> (Araneae, Araneidae)</b>	
INTRODUCCIÓN .....	72
OBJETIVOS .....	72
MATERIALES Y MÉTODOS .....	73
1. Desarrollo post-embrionario y longevidad del adulto .....	73
2. Fecundidad y fertilidad .....	74
3. Parámetros poblacionales .....	74
RESULTADOS .....	76
1. Desarrollo post-embrionario y longevidad del adulto .....	78
2. Fecundidad y fertilidad .....	84
3. Parámetros poblacionales .....	84
DISCUSIÓN .....	88
 <b>CAPÍTULO III: Comportamiento sexual de <i>Alpaida veniliae</i> (Araneae, Araneidae)</b>	
INTRODUCCIÓN .....	93

<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>95</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>96</b>
<b>1. Observación y descripción de las unidades de comportamiento sexual .....</b>	<b>96</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>98</b>
<b>1. Observación y descripción de las unidades de comportamiento sexual .....</b>	<b>98</b>
<b>2. Canibalismo sexual .....</b>	<b>108</b>
<b>3. Recópula .....</b>	<b>109</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>110</b>
 <b>CAPÍTULO IV: Efectos ecotoxicológicos en arañas</b>	
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>116</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>122</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>123</b>
<b>1. Cría de arañas .....</b>	<b>123</b>
<b>2. Cría de insectos presa .....</b>	<b>123</b>
<b>3. Bioensayos .....</b>	<b>124</b>
<b>3. 1. Contaminación por contacto (tópico) .....</b>	<b>124</b>
<b>3. 2. Contaminación por vía oral de distintos plaguicidas en <i>Alpaida veniliae</i> .....</b>	<b>127</b>
<b>4. Análisis estadístico .....</b>	<b>131</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>131</b>
<b>1. Contaminación por contacto (tópico) .....</b>	<b>131</b>

2. Efectos de distintos insecticidas en <i>Alpaida veniliae</i> , por vía oral	137
3. Efectos del herbicida glifosato en <i>Alpaida veniliae</i> , por vía oral	160
DISCUSIÓN	168
CONCLUSIONES GENERALES	176
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	184

*A mi familia, amistades y seres  
queridos, por su apoyo, paciencia y  
comprensión, sin los cuales no me  
hubiese sido posible alcanzar esta meta.*



*Alpaida veniliae* (Keyserling 1865) (Araneae, Araneidae)

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, dedicaron parte de su valioso tiempo, en las diversas etapas de la realización de esta tesis:

- ❖ A mis directoras Dra. Norma Sánchez y Dra. Alda González, por la formación general y específica, por su apoyo, paciencia y estímulo constante durante la realización de la tesis.
- ❖ A la Dra. Ing. Agr. Marcela Schneider (CEPAVE - CCT La Plata - CONICET) por la enseñanza incondicional, estímulo y su apoyo en el campo de la ecotoxicología.
- ❖ Al Dr. Miguel Simó (Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay) por la determinación de los ejemplares de arañas Lycosidae y al Dr. Herbert Levi (Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Cambridge), por la determinación de ejemplares de arañas Araneidae.
- ❖ A la Dra. Carmen Viera, a la Mag. Soledad Ghione (Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay) y al Prof. Fernando Costa (Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, Uruguay), por brindarme información y algunas ideas acerca del comportamiento sexual en Araneidae.
- ❖ A la Dra. Patricia Pereyra, Dra. Nancy Greco, Dra. Gabriela Luna, Dra. Claudia Cédola y el Dr. Gerardo Liljesthrön del grupo de Ecología de Plagas Agrícolas (CEPAVE - CCT La Plata - CONICET), por los consejos, facilidades y buen ambiente de trabajo durante la realización de la tesis.
- ❖ A la Agencia Nacional Argentina para la Promoción de La Ciencia y Tecnología (ANPCyT), por el financiamiento de la beca a través del proyecto "Efectos del sistema de cultivo de soja transgénica sobre la comunidad de plagas y sus

enemigos naturales. Propuesta de estrategias para el manejo de plagas”, para la realización de las investigaciones realizadas en ésta tesis.

- ❖ A los alumnos pasantes Ariel Cabrera y Rodolfo Sosa (Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP), por el gran apoyo prestado en los muestreos de campo y laboratorio, que sin su ayuda hubiera sido difícil algunos estudios.
- ❖ Al Lic. Gabriel Baloriani (Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP), por el aporte de los dibujos de arañas realizados en la tesis.
- ❖ Al personal profesional y técnico del Servicio de Microscopía Electrónica (Facultad de Veterinaria, UNLP), por la ayuda en el procesamiento de muestras y observación en el Microscopio Electrónico de Transmisión.
- ❖ A Dow Agrosciences y Gleba S. A., por la donación de los distintos productos agroquímicos utilizados en los estudios de ecotoxicología.
- ❖ A todo el personal del Centro de Estudios Parasitológicos (CEPAVE - CCT La Plata - CONICET), por el apoyo incondicional durante y después de la realización de la tesis.



## RESUMEN

Las arañas son artrópodos depredadores generalistas que tienen como presa a la mayoría de los taxa de artrópodos, incluídas otras arañas. Pueden desempeñarse como efectivos enemigos naturales de insectos herbívoros en muchos agroecosistemas, debido a su presencia constante y relativamente alta abundancia durante todas las fases de desarrollo de los cultivos, y a su capacidad de dispersión y colonización. En la Argentina, a partir de 1996 ocurrió una gran expansión territorial del cultivo de soja consistente en semilla transgénica tolerante al herbicida glifosato (N-[fosfometil] glicina), mediante siembra directa. El gran incremento de este monocultivo en el área pampeana y extrapampeana aumentó la uniformidad del paisaje, lo cual implica serios riesgos desde el punto de vista ecológico. Por lo general, la diversidad de especies suele ser alterada por distintos tipos de disturbios, en particular aquellos de alta intensidad y/o frecuencia, suelen empobrecerla al simplificar el ambiente, eliminan en forma directa o indirecta las especies más sensibles. Otro factor relevante que impacta negativamente sobre las comunidades de arañas es el uso generalizado de plaguicidas. Si bien el conocimiento taxonómico de algunas familias de arañas es amplio en nuestro país, aspectos biológicos y ecológicos de las comunidades y poblaciones de arañas asociadas a distintos agroecosistemas son poco estudiadas. Teniendo en cuenta la escasa información acerca de la comunidad de arañas en el sistema del cultivo de soja en Argentina, se consideró de interés ampliar los estudios sobre esta temática en cultivos de soja transgénica RR (resistente al herbicida glifosato). Para ello, se determinó la composición taxonómica y estructura de la comunidad de arañas en cultivos de soja transgénica (soja RR) del partido de Chivilcoy, provincia de Buenos Aires. Complementariamente, se estudiaron los siguientes aspectos: 1) la biología y demografía de una de las especies más representativas del gremio de las arañas tejedoras orbiculares, *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae), y 2) los efectos letales y subletales de distintos insecticidas comúnmente usados en este cultivo y del herbicida glifosato, tomando como modelo a la araña cazadora terrestre *Hogna poliostoma* (Araneae, Lycosidae) y a la tejedora orbicular, *A. veniliae*. Se trabajó en dos campos comerciales cultivados con soja transgénica (RR), durante la temporada 2005-2006 en soja de primera siembra (Noviembre – Abril) y en 2006-2007 en soja de segunda siembra (Diciembre – Junio). Durante 2006-2007, en cada fecha de muestreo, se

muestreó además la vegetación de presencia espontánea adyacente al cultivo. Se utilizó la red de arrastre y un aspirador manual para registrar las arañas en el estrato herbáceo, y trampas de caída para recolectar las del suelo. Del total de individuos colectados a lo largo del período muestreado en cada cultivo, se determinó la abundancia relativa en cada mes, así como la sincronía espacio-temporal entre arañas y los principales herbívoros, a todo lo largo del ciclo del cultivo. La composición taxonómica, riqueza de especies y la diversidad alfa y beta se estimaron y compararon usando diversos índices y estimadores no paramétricos, en los distintos sitios de estudio. Se determinó también la estructura en gremios de las comunidades. En el laboratorio se determinaron algunos aspectos de la biología (desarrollo de los estados post-embrionarios, longevidad, fecundidad y fertilidad de la hembra, y el comportamiento sexual de ambos sexos) y los parámetros poblacionales fundamentales (Tasa reproductiva neta, Tasa intrínseca de incremento, Valor reproductivo, y Tiempo generacional) de *A. veniliae*, en laboratorio. Mediante bioensayos se evaluaron los efectos letales por contacto (tóxico) de los insecticidas endosulfan (convencional) y spinosad (biorracional) en *H. poliostruma*, y de endosulfan en *A. veniliae*, y los efectos letales y subletales, por ingestión de cipermetrina y endosulfan (convencionales), spinosad y metoxifenocida (biorracionales) y del herbicida glifosato, en *A. veniliae*. Se registró una importante coincidencia espacio-temporal entre varias familias de arañas características del estrato herbáceo, e insectos herbívoros que atacan la soja. En el cultivo de soja de primera se registraron 11 familias y 16 en el de soja de segunda. En el primer caso, predominaron las familias Hahniidae y Lycosidae, y en el segundo, la familia Lycosidae. La riqueza en soja de primera fue de 31 especies, 15 de ellas pertenecientes al estrato herbáceo y 26 al estrato suelo; mientras que en el cultivo de soja de segunda fue de 50 especies, 44 en el estrato herbáceo y 36 en el estrato suelo, la mayor diversidad fue registrada en soja de segunda. Ambos cultivos compartieron 29 especies, siendo los índices de similitud: *Jaccard* = 51,7%, y *Sorensen* = 68,2%. Las arañas se estructuraron en siete gremios en soja de primera y nueve en soja de segunda. En soja de primera, las tejedoras de tela tipo sábana y las cazadoras corredoras en suelo fueron los gremios más abundantes, mientras que en soja de segunda lo fueron las cazadoras corredoras en suelo, siguiendo en importancia, las tejedoras de tela orbicular y las cazadoras al acecho. En el área de vegetación adyacente se recolectaron 14 familias y 50 especies en el período en que estuvo presente el cultivo de soja de segunda. La vegetación adyacente presentó la mayor diversidad, y las comunidades de arañas conformaron ocho gremios, destacándose las cazadoras

corredoras en suelo. Los índices cualitativos y cuantitativos utilizados indicaron una elevada similitud entre el cultivo de soja de segunda y la vegetación natural adyacente al campo de cultivo: *Jaccard* = 70,6%, *Sorensen* = 82,8%. Los estados de desarrollo postembriónico I, II y III, transcurrieron dentro de la ooteca y subsistieron de las reservas vitelinas. En el estado IV adquirieron total movilidad, tejieron tela para capturar sus presas y realizaron la dispersión desde la ooteca hacia el exterior. El desarrollo de la hembra de *A. veniliae* exhibió mayor número de estados juveniles que el macho. Las hembras adultas fueron más grandes y más longevas que los machos. La mayor mortalidad en *A. veniliae* ocurrió en los primeros días de vida. El ciclo de vida relativamente corto en comparación con otras arañas, sugiere la posibilidad de que esta especie tenga más de una generación por año. Los parámetros poblacionales indicaron una importante capacidad potencial de incremento poblacional. Los valores promedio ( $\pm$  DE) de los mismos fueron: Tasa reproductiva neta:  $29,82 \pm 0,83$ ; Tasa intrínseca de incremento:  $0,17 \pm 0,02$ ; Tiempo generacional:  $20,47 \pm 3,22$  semanas, y los máximos valores reproductivos se encontraron a las edades de 20, 23 y 24 semanas de vida de la hembra, en las cohortes 1, 2 y 3, respectivamente. El cortejo fue la etapa más larga y con mayor número de unidades de comportamiento del comportamiento sexual. Existió un 46,6% de canibalismo sexual por parte de la hembra al finalizar la cópula. La presencia de canibalismo durante la cópula no difirió de acuerdo al estado de virginidad del macho ni al tamaño relativo del mismo. Tampoco estuvo relacionado con la duración de la inserción del palpo, pero si con que palpo insertaba. El 85,3% de los que insertaron el palpo derecho fueron canibalizados, mientras que el 22,6% lo fueron cuando insertó el palpo izquierdo. El canibalismo no difirió en relación al número de macro setas presentes en el fémur de la pata III (derecha e izquierda) de los machos, pero si ante la presencia de una “macro seta distal”. Fueron escasos los intentos del macho de una segunda cópula (“recópula”) en *A. veniliae*, sólo ocurrió cuando el tiempo de la cópula fue menor al promedio normal de la misma. La mortalidad acumulada causada por los insecticidas endosulfan y spinosad suministrados vía tópica en *H. poliostoma* (con excepción del endosulfan y spinosad 10 mg/l), fue muy similar, actuando el endosulfan más rápidamente, y ambos causaron parálisis de las patas IV. En *A. veniliae*, el endosulfan presentó efectos tóxicos menores que en *H. poliostoma*, produciendo una mortalidad menor al 50% de la causada en *H. poliostoma* a la concentración de campo. Recién a la concentración de 150 mg/l alcanzó una mortalidad comparable a de *H. poliostoma*. La mortalidad ocurrió casi en su totalidad dentro de las

24 h de afectado. Los efectos letales causados por la ingestión de presas tratadas con spinosad a 30 mg/l en *A. veniliae* produjeron valores de mortalidad acumulada de alrededor del 80%. Spinosad resultó altamente activo por ingestión y, en menor grado, por contacto en organismos no blanco. A su vez provocó la regurgitación de la presa y movimientos descoordinados en las pocas arañas sobrevivientes, pasadas las 24 h. El endosulfan, spinosad y la metoxifenocida no alteraron la tasa de consumo de presa, mientras que la cipermetrina a 6,25 mg/l (25% de la concentración máxima de campo) produjo un marcado descenso, que se agudizó a la concentración de 18,75 mg/l (75%). Se observó el efecto negativo de los insecticidas ensayados en la construcción de la tela, así como en la trama de los hilos de seda de la ooteca. La fecundidad total de las hembras no fue afectada por los distintos insecticidas, pero la fertilidad resultó negativamente influenciada por la cipermetrina y la metoxifenocida. Con relación al herbicida glifosato, se encontraron efectos subletales significativos en la mayoría de los parámetros estudiados. El número de ootecas y masas de huevos anormales se incrementó en el tratamiento con glifosato, con la consecuente disminución de la fecundidad y fertilidad de las hembras con relación al control, siendo estas dos últimas las características más afectadas. De acuerdo a lo observado en este trabajo, el cultivo de soja mantiene comunidades abundantes, ricas y diversas de especies de arañas. Esto podría estar relacionado con la estructura y complejidad del ambiente local, en donde la presencia de vegetación espontánea adyacente a los campos de cultivo cumpliría el rol potencial de aumentar las poblaciones de arañas y la riqueza dentro del campo de cultivo, contribuyendo de esta manera al control natural de algunas plagas. Además, puso de relieve la importancia de las evaluaciones de los efectos subletales de los plaguicidas para reformular estrategias de control de plagas en los agroecosistemas.

## ABSTRACT

Spiders are generalist arthropods predators that prey on the majority of arthropod taxa, including other spiders. They can be effective natural enemies of herbivorous insects in many agroecosystems, due, among other factors, to its continued presence along the season and the relatively high abundance during all stages of crop development, added to its ability for dispersion and colonization. In Argentina, since 1996 there was a large territorial expansion of transgenic soybean crop tolerant to glyphosate herbicide (N-[phosphonomethyl] glycine). This huge increase of monoculture in the Pampas increased landscape uniformity, entailing serious risks from the environmental point of view. In general, species diversity tends to be altered by different types of disturbances, particularly those of high intensity and / or frequency, often impoverishing it, if by simplifying the environment, the most sensitive species are, directly or indirectly, eliminated. While this is an important factor that can affect the richness and diversity of spider communities in this crop, another critical factor that impacts negatively on the communities of spiders is the widespread use of pesticides. While the taxonomic knowledge of some families of spiders from Argentina is large, the investigations concerning biological and ecological aspects of communities and populations of spiders associated with different agro-ecosystems are scarce. Given the limited information about the spider community in the soybean crop in Argentina, it was considered of interest to extend studies on this issue in transgenic soybean crops RR (resistant to the herbicide glyphosate). The objective of this study was to determine the taxonomic composition and community structure of spiders in transgenic soybean crops (soybean RR) of Chivilcoy, province of Buenos Aires. In addition, we studied the following aspects: 1) the biology and demography of one of the most representative species of the orb weaver guild, *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae), and 2) the lethal and sublethal effects of various commonly used insecticides in this crop and the herbicide glyphosate, taking as model the ground hunter spider *Hogna poliostoma* (Araneae, Lycosidae) and the orbicular weaver *A. veniliae*. The study was conducted in two commercial transgenic soybean crops. In 2005-2006 we studied a soybean crop of early planting date (November-April) and in 2006-2007 one of later planting date (from December to June). In addition, during 2006-2007, at each sampling date, we sampled the natural vegetation growing adjacent to the field crop. Spiders from the herbaceous

layer we recorded by a sweep net and by a hand-held aspirator, and those inhabiting the ground through pitfall traps. From the total number of individuals collected in each site along the season, we determined the relative abundance on each month, as well as the spatio-temporal synchrony between spiders and the main herbivores throughout the crop cycle. The taxonomic composition, species richness and alpha and beta diversity were estimated and compared using various diversity indices and non parametric estimators. We also determined the guild structure within each community. Some aspects of the biology (development of post-embryonic state, longevity, fecundity and female fertility and sexual behaviour of both sexes), and basic population parameters (Net reproductive rate, Intrinsic rate of increase, Reproductive value, and Generation time) of *A. veniliae* were determined, in the laboratory. To evaluate lethal and sub-lethal effects of pesticides, different bioassays were conducted. Toxic effects by contact of endosulfan and spinosad were measured in *H. poliostruma*, and endosulfan in *A. veniliae*. Effects by ingestion of cypermethrin, endosulfan, spinosad and methoxyfenozide, and the herbicide glyphosate, were assessed in *A. veniliae*. There was a significant spatial and temporal coincidence between several families of spiders of the herbaceous layer and herbivorous insects that attack soybeans. Early and later planting date soybean had 11 and 16 spider families, respectively. The most important were Hahniidae and Lycosidae, in the first site, and Lycosidae, in the second. Richness was 31 species for early planting date soybean, 15 of them in the herbaceous layer and 26 on the ground. In later planting date crop, richness was of 50 species, 44 in the herbaceous layer and 36 on the ground. The greatest diversity was recorded in later planting date soybean crop. Both crops shared 29 species. Similarity indices were: Jaccard = 51.7%, and Sorensen = 68.2%. Spiders structured seven guilds in early planting date soybean and nine in later planting date. In the first case, the sheet web-builders and the hunting ground runners were the most abundant guilds, whereas in the second, they were the hunting ground runners followed in importance by the orb weavers and the hunting ambushers. In the natural vegetation growing adjacent to the field crop 14 families and 50 species were collected. This area had the highest diversity of spider communities and it was structured by eight guilds, being the most important the hunting ground runners. It presented a high similarity with the later planting soybean (Jaccard = 70.6%; Sorensen= 82.8%). Postembryonic stages I, II and III, occurred inside the egg-sac and subsisted from vitelline reserves. The state IV got mobility, wove web to capture preys and dispersed from the egg-sac. The female of *A. veniliae* had more development stages, was bigger

and had longer adult longevity than the male. The higher mortality in *A. veniliae* occurred in the first days of life. The relatively short life cycle compared to other spiders, suggests the possibility that this species has more than one generation per year. The population parameters indicated a significant potential for population growth. Average values ( $\pm$  SD) of these were: Net reproductive rate:  $29.82 \pm 0.83$ ; Intrinsic rate of increase:  $0.17 \pm 0.02$ ; Generation time:  $20.47 \pm 3.22$  weeks, the highest Reproductive values were found at ages 20, 23 and 24 weeks old female, in cohorts 1, 2 and 3, respectively. Courtship was the step of sexual behaviour having the longest duration and the higher number of behaviour units. Sexual male cannibalism by female was of 46.6% at the end of mating. It did not differ according to male virginity nor the relative size to female. Neither was related to the duration of palp insertion, but with the inserted palp. Of all males who inserted the right palp, 85.3% were cannibalized, while only 22.6% was when inserted the left palp. Cannibalism did not differ in relation to the number of macro setae present in the femur of leg III (right and left) of the males, but it did so with the presence of a "distal macro setae". There were only few attempts of a second copulation by the male, and only occurred when the time of mating was lower than the mean. The cumulative mortality caused by endosulfan and spinosad provided topically to *H. poliostoma* (with the exception of endosulfan and spinosad 10 mg / l) was very similar, endosulfan acting more quickly, and both causing paralysis of the legs IV. In *A. veniliae*, endosulfan showed less toxic effects than in *H. poliostoma*. In both species, almost a 100% of mortality occurred within the first 24 h. The lethal effects caused by the ingestion of prey treated with spinosad at 30 mg / l in the cumulative mortality of *A. veniliae* were approximately 80%. Spinosad was highly active by ingestion and to a lesser extent, by contact. Endosulfan, spinosad and methoxyfenozide did not alter the rate of consumption of prey, while cypermethrin to 6.25 mg / l (25% of the maximum field concentration) produced a marked decrease, which was intensified at the concentration of 18.75 mg / l (75%). It was observed the negative effect of the insecticides tested in the construction of the web and the silk threads of the egg-sac. Total female fecundity was not affected by the different pesticides, but fertility was negatively influenced by cypermethrin and methoxyfenozide. Glyphosate exhibited sub-lethal effects in most of the studied attributes of *A. veniliae*. The number of abnormal egg-sacs and masses of eggs significantly increased in this treatment, with the consequent reduction in fecundity and fertility. These two last traits were the most affected. According to this study, the soybean crop spider communities had a relatively

important abundance, richness and diversity of species. This could be related, at least in part, to the structure and complexity of the local environment, where the presence of natural vegetation adjacent to crop fields enhances spider populations, fostering species that are able to early colonize the crops, contributing to the natural mortality of some pests. Moreover, it highlights the importance to assess the sublethal effects of pesticides to reformulate strategies for pest control, in agroecosystems.



## INTRODUCCIÓN GENERAL

### La comunidad de arañas en agroecosistemas

Los enemigos naturales (depredadores, parasitoides y patógenos) son factores bióticos que contribuyen a disminuir las poblaciones de los artrópodos herbívoros, y pueden tener la potencialidad de constituir componentes importantes dentro de un programa de Manejo Integrado de Plagas (Aguilar, 1989; Nyffeler *et al.*, 1994; Symondson *et al.*, 2002).

Las arañas (Arachnida, Araneae) comprenden más de 50.000 especies distribuidas en 109 familias a nivel mundial (Platnick, 2010). Son artrópodos depredadores generalistas que tienen como presa a la mayoría de los taxa de artrópodos (incluidas otras arañas) (Nyffeler, 1999). Las mismas forman parte del complejo de enemigos naturales en casi todos los ecosistemas terrestres (Specht & Dondale, 1960; Turnbull, 1973; Nyffeler & Benz, 1987; Wise, 1993; Foelix, 1996), y pueden controlar las poblaciones de insectos (Whitcomb, 1974; Riechert & Lockley, 1984; Nyffeler *et al.*, 1990; Young & Edwards, 1990), contribuyendo a mantener densidades bajas de plagas en muchos agroecosistemas (Wise, 1993; Nentwig, 1988; Rinaldi, 1998).

Su depredación sobre huevos, larvas, ninfas, pupas y artrópodos adultos (Whitcomb, 1974; Riechert & Lockley, 1984; Nyffeler *et al.*, 1990; Young & Edwards, 1990; Green, 1996) ha sido citada para América del Norte y del Sur, y Australia, tanto en ecosistemas naturales como en agroecosistemas (Nyffeler *et al.*, 1990). Si bien son depredadores generalistas, ocasionalmente las arañas pueden tener una dieta muy restringida cuando algún tipo de presa se encuentra en grandes densidades, como suele ocurrir con ciertas plagas en los monocultivos (Liljesthröm *et al.*, 2002).

Entre los rasgos más importantes que les permite a las arañas desempeñarse como efectivos enemigos naturales de insectos herbívoros en los agroecosistemas, se encuentra su presencia constante y relativamente alta abundancia durante todas las fases de desarrollo del cultivo (Aguilar, 1989; Benamú & Aguilar, 2001; Benamú, 2004), y la capacidad de colonizar diferentes sistemas agrícolas (Riechert & Lockley, 1984; Marc *et al.*, 1999; Nyffeler *et al.*, 1994; Symondson *et al.*, 2002; Maloney *et al.*, 2003).

Por otra parte, además de ser buenos indicadores de la calidad del ambiente en los campos agrícolas (Clausen, 1986), representan la mayor biomasa de artrópodos

depredadores en los agroecosistemas (Wise, 1993; Foelix, 1996), constituyendo el componente dominante del conjunto de depredadores generalistas (Sunderland, 1999).

Su potencialidad como agentes de control biológico de plagas también ha sido demostrada por experimentos realizados en el campo (Benamú, 1999; Greenstone, 1999; Schmidt *et al.*, 2003; Hoefler *et al.*, 2006). Su relevante depredación sobre ciertas especies plaga ha sido registrada por varios autores (Mansour *et al.*, 1980; Ibarra, 1990; Minervino, 1996; Maloney *et al.*, 2003; Pearce *et al.*, 2004; Cheli *et al.*, 2006). También, pueden jugar un rol complementario durante el intervalo comprendido entre el incremento inicial de la plaga y la respuesta numérica de otros enemigos específicos (Nyffeler *et al.*, 1994; Brown *et al.*, 2003; Hoefler *et al.*, 2006; Saavedra *et al.*, 2007). Sin embargo, la eficacia de la depredación de las arañas sobre los insectos herbívoros puede verse afectada por la depredación intragremial y/o el canibalismo (Wise, 1993; Samu *et al.*, 1999; Polis *et al.*, 1989; Snyder & Wise, 1999; Denno *et al.*, 2004; Rypstra & Samu, 2005).

El consumo de presas por parte de las arañas está determinado, fundamentalmente, por su abundancia en el hábitat más que por su preferencia hacia algún tipo de presa. Esta polifagia mejora el balance en la composición de nutrientes y optimiza la obtención de energía (Toft, 1999). Las arañas tejedoras son mayoritariamente insectívoras, mientras que las arañas cazadoras tienen una dieta de artrópodos más amplia y variada, entre éstos otras arañas (Nyffeler, 1999). En el caso de las tejedoras orbiculares, el aumento en el tamaño del cuerpo está relacionado directamente con el tamaño de la tela, la proporción de la presa y el estrato vertical en donde se ubican (Waldorf, 1975; Viera, 1995; Rypstra *et al.*, 1999; Viera, 2003; Benamú, 2004), características que influyen en su capacidad de depredación (Rypstra & Carter, 1995).

Una de las estrategias que utilizan para capturar presas es a través de informaciones visuales y vibratorias (Punzo & Kukoyi, 1997; Amalin *et al.*, 2001; Hoefler *et al.*, 2006). Las señales químicas también son un importante componente en la interacción entre las especies de arañas y entre éstas y sus presas (Persons & Uetz 1996; Punzo & Kukoyi, 1997; Persons & Rypstra, 2001; Persons *et al.* 2001, 2002). Como muchos depredadores, las arañas cazadoras (Lycosidae y Oxyopidae) también pueden aprovechar las señales químicas de la presa al forrajear, en adición a la información visual y vibratoria (Persons & Uetz, 1996; Punzo & Kukoyi, 1997; Hoefler *et al.* 2002). Estudios realizados por Punzo (2002) en Oxyopidae juveniles, revelaron que pueden

aprender a relacionar señales químicas asociadas a ciertos tipos de comida que encuentran inmediatamente después de la emergencia de la ooteca, pudiendo continuar con esa selección de comida por algún tiempo. Además de la información olfativa/gustativa, otros tipos de señales encontradas en la vida temprana de las arañas, son capaces de influir en sus conductas subsecuentes (Punzo, 2002), favoreciendo la migración al campo cultivado (Snyder & Wise, 1999).

En los últimos años, varios estudios reconocieron la importancia de las arañas como depredadores polívoros en los agroecosistemas, (Young & Edwards, 1990; Minervino, 1996; Sunderland & Greenstone, 1999; Hagen *et al.*, 1999; Samu *et al.*, 1999; Wardle *et al.*, 1999; Halaj *et al.*, 2000; Liljeström *et al.*, 2002; Büchs, 2003; Jeanneret *et al.*, 2003; Benamú, 2004; Perafán & Flórez, 2004; Pearce *et al.*, 2005; Beltramo *et al.*, 2006; Marshall *et al.*, 2006; Armendano, 2008).

Pearce *et al.*, (2004), observaron que las distintas familias de arañas en soja mostraron potencialidad de depredación sobre *Helicoverpa* sp. (Lepidoptera, Noctuidae), lo cual fue corroborado por experimentos de campo realizados por Vichitbandha & Wise (2002).

En la Argentina, las arañas han sido citadas como enemigos naturales de poblaciones de gorgojos plagas de cultivos de alfalfa y de cereales (Harcourt *et al.*, 1986; Lanteri *et al.*, 1998), y de diversas plagas de lepidópteros y hemípteros en soja (Minervino, 1996; Liljeström *et al.*, 2002; Beltramo *et al.*, 2006; Molinari & Minervino, 2006).

Entre las características más importantes del paisaje agrícola, se encuentran las perturbaciones frecuentes causadas por las actividades que realiza el hombre, tales como la distribución espacial de los cultivos, la reducción y fragmentación de hábitats, las aplicaciones de plaguicidas y herbicidas, las cosechas, etc. Estas actividades alteran los hábitats y pueden influenciar el desarrollo, reproducción y mortalidad de las arañas (Topping, 2002).

### **Las arañas y el “paquete tecnológico” de la soja**

La expansión de los monocultivos a expensas de la vegetación natural disminuye la diversidad del hábitat a distintas escalas espacio-temporales, y pueden contribuir a incrementar el problema de ciertas plagas (Altieri & Letourneau, 1982; Altieri 1995).

En la Argentina, a partir del año 1996 se observó una gran expansión territorial del cultivo de soja basado en un nuevo paquete tecnológico consistente en semilla transgénica tolerante al herbicida glifosato (N-[fosfometil] glicina) y cultivada, en general, mediante siembra directa (Begenisic, 2002).

Este gran incremento del monocultivo en el área pampeana y extrapampeana aumentó la uniformidad del paisaje, lo cual implica serios riesgos desde el punto de vista ecológico. Por lo general, la diversidad de especies suele ser alterada por distintos tipos de disturbios, y en particular aquellos de alta intensidad y/o frecuencia, suelen empobrecerla si, al simplificar el ambiente, se eliminan en forma directa o indirecta las especies más sensibles (Pickett & White, 1985). Los hábitats más diversos ofrecen un mayor número de recursos para los depredadores, dentro de los cuales las arañas son uno de los grupos más abundantes (Nentwig, 1982; Wise, 1993), tales como presas alternativas y refugio.

Otro factor importante que afecta a las comunidades de arañas en los distintos agroecosistemas, reduciendo las poblaciones de las mismas, es el uso de pesticidas (Dondale, 1972, Mansour *et al.*, 1980, 1981; Basedow *et al.*, 1985; Olszak *et al.*, 1992; Pekár, 1999a; Hodge & Vink, 2000; Amalin *et al.*, 2001; Benamú & Aguilar, 2001; Bell *et al.*, 2002; Bel'skaya & Esyunin, 2003; Benamú, 2004; Frampton & Van den Brink, 2007). Pekár (1998) registró que el efecto nocivo de los pesticidas sobre la abundancia de arañas inmediatamente después de la aplicación en el campo se mantuvo durante las cinco semanas siguientes. Shaw *et al.* (2006) también encontraron resultados coincidentes.

En el laboratorio también ha sido demostrada la susceptibilidad de la araña *Chiracanthium mildei* (Clubionidae) a 17 pesticidas, siendo mayormente afectada por la cipermetrina (Mansour, 1987). Amalin *et al.* (2000) obtuvieron un 100% de mortalidad en *Hivana velox* (Anyphaenidae) frente a cinco pesticidas de amplio espectro, aún a la concentración más baja.

Existen resultados diferentes en relación a los efectos negativos sobre las arañas del herbicida glifosato utilizado en el cultivo de soja RR. Si bien Haughton *et al.* (1999; 2001a, b) atribuye los mismos a una modificación en la estructura de la vegetación por efecto del herbicida y no a un efecto tóxico directo. Si embargo, otros autores reportan efectos letales directos (Dondale, 1972, Mansour *et al.*, 1980, 1981; Basedow *et al.*, 1985; Olszak *et al.*, 1992; Pickett & White 1985; Hodge & Vink, 2000; Bel'skaya & Esyunin, 2003; Frampton & Van den Brink, 2007).

Además de los efectos letales, los efectos subletales sobre la fisiología, comportamiento y características de la historia de vida de los organismos, deberían también ser medidos para tener una evaluación de su impacto (Stark & Banks, 2003; Stark *et al.*, 2007; Desneux *et al.*, 2007; Kogan & Jepson, 2007).

Actualmente, es ampliamente reconocido que el éxito de cualquier programa de control biológico dependerá, entre otros factores, del conocimiento de la biología y ecología del complejo de enemigos naturales presentes (Bale *et al.*, 2008). En la Argentina, si bien el conocimiento taxonómico de algunas familias de arañas es amplio, las investigaciones referidas a aspectos biológicos y ecológicos de las comunidades y poblaciones de arañas asociadas a distintos agroecosistemas son escasas.

## **OBJETIVOS GENERALES**

Determinar la composición taxonómica y estructura de la comunidad de arañas en el cultivo de soja transgénica (soja RR) de Chivilcoy, provincia de Buenos Aires. Complementariamente, se estudiaron los siguientes aspectos: 1) la biología y demografía de una de las especie más abundantes del estrato herbáceo, perteneciente al gremio de las tejedoras orbiculares, *Alpaida veniliae*, y 2) los efectos letales y subletales de distintos insecticidas comúnmente usados en este cultivo, y del herbicida glifosato, tomando como modelo a la araña cazadora corredora en suelo *Hogna poliostruma* (Araneae, Lycosidae) y a la tejedora orbicular *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae).

## **CAPITULO I**

### **COMPOSICIÓN TAXONÓMICA, DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE ARAÑAS PRESENTE EN EL SISTEMA DE CULTIVO DE SOJA TRANSGÉNICA (SOJA RR)**

# INTRODUCCIÓN

## Biodiversidad y agroecosistemas

La Biodiversidad representa una característica de los sistemas biológicos en todos sus niveles de organización, desde la diversidad de genes en una población hasta la diversidad de ecosistemas en un paisaje o región (Magurran, 1989).

En un contexto conservacionista, hablamos de diversidad de especies, de variación intraespecífica e intrapoblacional y de variación genética. En un sentido estricto, la Diversidad (concepto derivado de la teoría de sistemas) es una medida de la heterogeneidad de un sistema. En el caso de los sistemas biológicos, la diversidad se refiere a la heterogeneidad biológica, es decir, a la cantidad y proporción de los diferentes elementos biológicos que contenga el sistema.

Se distinguen tres tipos fundamentales de Diversidad Biológica:

- **Diversidad  $\alpha$**  : es el número de especies o riqueza de especies presentes en un determinado lugar, es el componente de la diversidad más comúnmente estudiado.

- **Diversidad  $\beta$**  : se basa en las diferencias entre dos comunidades que componen un ecosistema. Mide el grado de reemplazo de especies entre áreas que se estudian comparativamente. A diferencia de las diversidades alfa y gamma que pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1989).

- **Diversidad  $\gamma$** : es el número de especies del conjunto de comunidades o de paisaje de una región determinada: (Whittaker, 1972; Magurran, 1989, Halffter *et al.*, 2005).

En los sistemas agrícolas, la biodiversidad cumple funciones que van más allá de la producción de alimentos. Estas funciones incluyen el control del microclima local, la regulación de los procesos hidrológicos locales, la limitación de la abundancia de organismos, la eliminación de residuos químicos nocivos, etc. Estos procesos son principalmente biológicos, por consiguiente su persistencia depende del mantenimiento de la biodiversidad (Altieri, 1995).

La intensificación de la agricultura en las últimas décadas ha modificado la heterogeneidad del paisaje, afectando a diferentes grupos biológicos debido a la pérdida o reducción de hábitats propicios para su supervivencia y reproducción, lo cual

constituye una amenaza para la conservación de especies (Hunter, 1996; di Castri & Younès, 1996; Anderson & Danielson, 1997; Atauri & de Lucio, 2001).

### **Las arañas en el cultivo de soja**

Las arañas son importantes depredadores generalistas, presentes en la mayoría de los sistemas agrícolas (Turnbull, 1973; Foelix, 1996). Existen evidencias experimentales que demuestran que las arañas tienen un valor potencial considerable desde el punto de vista del control biológico (Greenstone, 1999; Sunderland, 1999; Riechert & Lockley, 1984; Riechert & Lawrence, 1997; Maloney *et al.*, 2003), contribuyendo, en algunos casos, a aumentar la producción del cultivo (Vichitbandha & Wise, 2002). Sin embargo, el disturbio que el hombre produce con las distintas prácticas agrícolas (uso de agroquímicos, distribución espacial de los cultivos, reducción y fragmentación de hábitats, etc.), limita la conservación de estos enemigos naturales (Young & Edwards, 1990; Öberg *et al.*, 2007).

En la Argentina, a partir del año 1996 se observó una expansión explosiva del cultivo de soja basado en un nuevo paquete tecnológico consistente en semilla transgénica tolerante al herbicida glifosato (N-[fosfometil] glicina) y cultivada, en general, mediante siembra directa (Begenisic, 2002). En la actualidad, el área sembrada incrementó un 129,9% con respecto a la campaña 1991/1992, basada ésta última en soja no transgénica. Este importante incremento del monocultivo aumentó la uniformidad del paisaje en la región de la Pampa Ondulada y trajo aparejado la aparición de importantes plagas del cultivo (Ghersa & Ghersa, 1989; Luna *et al.*, 1996). Si bien, en la década de 1980 se implementaron programas de monitoreo de plagas y estudio de enemigos naturales para su control (Bimboni, 1985), la información sobre la depredación por arañas es limitada, sólo existen estimaciones de su abundancia en cultivos de soja (Molinari, 1987), y de abundancia riqueza y diversidad (Minervino, 1996; Liljeström *et al.*, 2002; Beltramo *et al.*, 2006; González *et al.*, 2009).

Teniendo en cuenta la limitada información acerca de la comunidad de arañas en el sistema del cultivo de soja, en Argentina, se consideró necesario ampliar los estudios sobre esta temática en cultivos de soja transgénica RR (resistente al herbicida glifosato).



## **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de esta investigación fue conocer la composición taxonómica y estructura de la comunidad de arañas en el cultivo de soja transgénica (soja RR) de Chivilcoy, provincia de Buenos Aires.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la abundancia relativa, composición taxonómica, riqueza específica, diversidad  $\alpha$  y  $\beta$ , y estructura de gremios de la comunidad de arañas en el cultivo de soja de primera y soja de segunda siembra, así como en la vegetación natural adyacente al cultivo de soja de segunda.
- Comparar las comunidades de arañas presentes en los distintos sitios estudiados.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1. Área de estudio**

El área de estudio se ubicó en el partido de Chivilcoy, provincia de Buenos Aires. El paisaje está compuesto por pastizales naturales y tierras dedicadas a la ganadería y a la agricultura, con diferentes grados de disturbio (uso de agroquímicos, laboreo de suelos, etc.). El área pertenece a la Pampa Húmeda, sus suelos son de calidad para la agricultura y la ganadería, y es una de las principales zonas de producción agrícola del mundo, fundamentalmente de la producción de soja en la Argentina.

El cultivo de soja, si bien concentrado en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, y La Pampa (Fig.1), se ha expandido a partir de 1980 a zonas que por su aptitud ecológica eran consideradas marginales, alcanzando 18,2 millones de ha sembradas en la campaña 2008-2009 (Ministerio de Agricultura de La Nación). Esta expansión del monocultivo aumentó la uniformidad del paisaje y produjo el desplazamiento de otros cultivos (por ej. algodón, maíz, frutales), el cambio de actividades productivas (tambos) y el desmonte de otros ecosistemas (yungas, bosques chaqueños) para incorporarlos a la actividad agrícola.

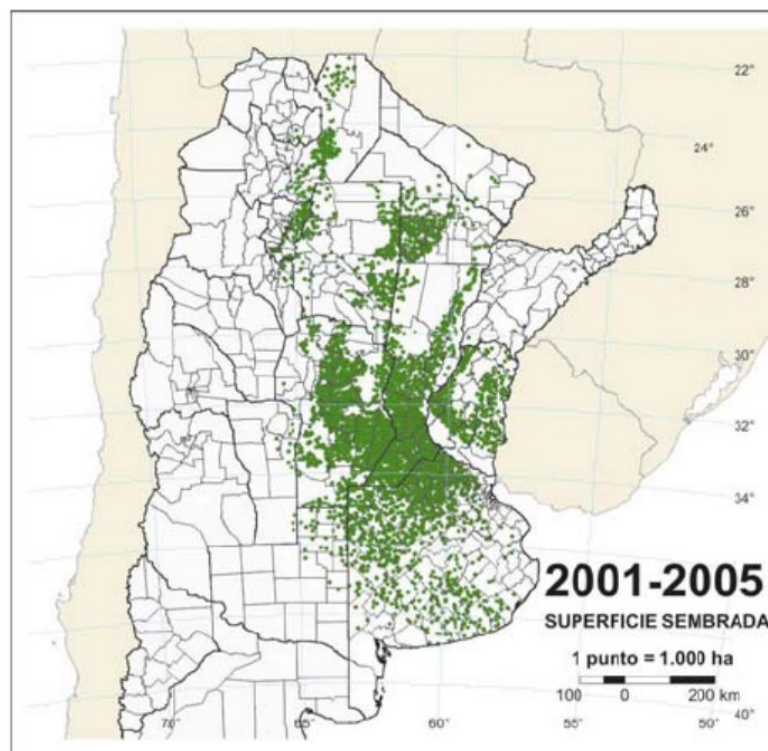


Fig. 1: Mapa de áreas de cultivo de soja

([http://www.laargentinaenmapas.com.ar/caste/docu/oleaginizacion\\_de\\_la\\_agricultura\\_a\\_argentina.pdf](http://www.laargentinaenmapas.com.ar/caste/docu/oleaginizacion_de_la_agricultura_a_argentina.pdf)).

Se trabajó en dos campos comerciales cultivados con soja transgénica (RR). Durante la temporada 2005-2006 en soja de primera siembra (Noviembre – Abril) (35° 01'S, 60° 06'O) y en 2006-2007 en soja de segunda siembra (Diciembre – Junio) (34° 56 'S, 54° 55'O). Además, en esta temporada, se muestreó el rastrojo de trigo (previo a la siembra), el cultivo, y el rastrojo del mismo. Durante 2006-2007, en cada fecha de muestreo, se muestreó la vegetación de presencia espontánea adyacente al cultivo, que consistió de gramíneas y dicotiledóneas que conformaron un estrato herbáceo, y un estrato con presencia de arbustos y algunos árboles.

La selección *a priori* del área de estudio se basó en que:

a) Existía información concerniente a la riqueza y diversidad específica, patrón de colonización y niveles de densidad de arañas en el cultivo de soja de la zona, previa a la utilización de la soja transgénica y a la expansión del cultivo (Minervino, 1996; Liljesthröm *et al.*, 2002).

b) El partido de Chivilcoy es representativo de la tendencia de cambios cuali-cuantitativos mencionados para el ámbito nacional, es decir, el 100% de la producción se basa en soja transgénica y la superficie total del partido dedicada a este cultivo aumentó de 32.798 ha (Censo Nacional Agropecuario, 1988) a aproximadamente 45.000 ha (Ing. J. Grisolia, Cooperativa Agrícola-Ganadera de Chivilcoy, com. pers.).

## 2. Métodos de recolección

Para la realización de los muestreos para determinar la composición de especies y abundancia relativa de las arañas de suelo y del estrato herbáceo, se delimitó dentro de cada campo cultivado con soja, un área que abarcaba desde el borde hasta el centro del cultivo. Por razones ajenas a este estudio, la soja de primera se comenzó a muestrear la primer semana de febrero de 2006 (3/02/06 hasta 20/04/06), mientras que la soja de segunda se muestreó desde el 21/12/06 hasta el 7/06/07. En ambas temporadas, quincenalmente, se llevaron a cabo los siguientes muestreos:

- **Directos:** Para registrar la araneofauna en el estrato herbáceo de la soja de primera (2005-2006) se muestreó con red de arrastre y la soja de segunda (2006-2007) con aspirador manual (“G-vac”). La recolección de arañas sobre las plantas, con ambos métodos, se llevó a cabo entre las 9:00h y las 15:00h, para minimizar los efectos de la migración de la araneofauna hacia otros estratos o refugios antes del ocaso (Liljesthröm *et al.*, 2002).

-. *Método de la red de arrastre:* a lo largo de una transecta elegida al azar dentro del área de muestreo, se realizaron cada 8 m, 10 pasadas de red entomológica cuyo contenido se guardaba en una bolsa de polietileno rotulada para el traslado al laboratorio. En total se tomaron 25 puntos de muestreo.

-. *Método con aspirador manual:* a lo largo de una transecta, cada 8 m se delimitó una unidad muestral de 1m<sup>2</sup> aproximadamente, y se aspiró la superficie de las plantas contenidas en su interior. Los individuos aspirados en cada unidad se guardaron en una bolsa de polietileno rotulada para el traslado al laboratorio. En total se tomaron 25 puntos de muestreo en el campo de soja y otras 25, tomadas al azar, sobre la vegetación adyacente al borde del cultivo.

- **Indirectos:**

-. *Método de trampas de caída* ("pitfall"): para registrar la araneofauna epigea y nocturna, se colocó a lo largo de una transecta, en cada campo de cultivo y en la vegetación adyacente una trampa de caída, cada 8m. Las mismas consistían en vasos plásticos con forma de cono truncado, de 95 mm de diámetro en la boca, 55 mm en la base y 125 mm de profundidad, con una capacidad total de 500 ml. En cada trampa se colocaron 70 ml de una solución salina y detergente, para la conservación de los especímenes y prevenir el escape. En total se colocaron 25 trampas en cada sitio. El contenido de las trampas de cada unidad se guardó en bolsas de polietileno rotuladas para el traslado al laboratorio. En el laboratorio cada muestra fue filtrada y conservada en alcohol etílico (75°) indicando el campo de procedencia, fecha, tipo de muestreo y número de punto de muestreo.

El suelo y el estrato herbáceo del área de vegetación adyacente al cultivo de soja de segunda, durante la temporada 2006-2007, se muestreó de la misma manera que el cultivo.

La determinación taxonómica de las arañas se llevó a cabo utilizando las claves de Gerschman y Schiapelli (1963), Kaston (1982), Dondale (1990), Dippenaar-Schoeman & Jocqué (1997), Ubick *et al.* (2005) y Benamú (2007), así como literatura más específica (revisiones genéricas y otras).

### **3. Abundancia**

La abundancia relativa de arañas, discriminadas en estados de desarrollo juveniles y adultos de ambos sexos, fue graficada para los distintos sitios de estudio a lo largo del período de muestreo. La sincronía espacio-temporal entre arañas y los principales herbívoros del cultivo se representó gráficamente.

### **4. Análisis de la Diversidad Alfa**

Los estudios de la diversidad de comunidades de arañas (Coddington *et al.*, 1996; Toti *et al.*, 2000 y Scharff *et al.*, 2003) indicaron que muchos de los métodos de estimación presentan un determinado sesgo en función de la abundancia, riqueza e incluso de los métodos de colecta utilizados, sugiriendo la conveniencia de emplear diferentes métodos de estimación. Por ello, la estimación de la diversidad se utilizaron

métodos paramétricos y no paramétricos, que difieren en sus conceptos teóricos, así como en el tipo de datos requeridos.

La diversidad alfa ha sido caracterizada por Whittaker (1972) como el número de especies a escala local o dentro del hábitat. Esta diversidad se refiere, en general a la riqueza de especies en una escala de resolución más fina que la diversidad beta o gamma.

La mayoría de los métodos para evaluar la diversidad dentro de las comunidades se basan en la cuantificación de las especies presentes (riqueza específica), o en la estructura de la comunidad, esto es en la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie, como su abundancia relativa, biomasa, cobertura, etc. El análisis del valor de importancia de las especies aporta conocimientos a la teoría ecológica, y contribuye a la conservación de especies amenazadas, así como a observar el efecto de ciertas perturbaciones en el ambiente (Magurran, 1989). Para cuantificar el número de especies y su representatividad, se utilizan índices, cuya principal ventaja es que resumen mucha información en un solo valor y nos permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo. Lo más conveniente es presentar valores tanto de la riqueza como de algún índice de la estructura de la comunidad, de tal forma que ambos parámetros sean complementarios en la descripción de la diversidad.

Se calcularon los siguientes índices:

- **Índice de Riqueza de especies:** Es el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad ( $S$ ).

- **Índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ):**

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

$S$  = número de especies

$N$  = número total de individuos.

Este índice transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone una relación

funcional entre el número de especies y el número total de individuos  $S = \sqrt[k]{N}$  donde k es constante (Magurran, 1989). Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando  $S-1$ , en lugar de S, da  $D_{Mg} = 0$  cuando hay una sola especie.

Valores inferiores a 2,0 son considerados zonas de baja diversidad y valores superiores a 5,0 indicativos de alta biodiversidad.

- **Rarefacción:** Calcula el número esperado de especies de cada muestra, si todas ellas fueran reducidas a un tamaño estándar, es decir, si la muestra fuera considerada de  $n$  individuos ( $n < N$ ).

$$E(S) = \sum_{i=1}^s \left\{ 1 - \left[ \left( \frac{N - N_i}{n} \right) / \left( \frac{N}{n} \right) \right] \right\}$$

Donde:

$E(S)$  = número esperado de especies en la muestra rarificada

$\sum_{i=1}^s$  = sumatoria de todas las especies contadas

$N$  = número total de individuos en la muestra para ser rarificada

$N_i$  = número de individuos en la *enésima* especie en el muestreo para rarificar

$n$  = tamaño de la muestra estandarizada

Para cada muestra los algoritmos generan la riqueza de especies esperada basada en una muestra al azar de la submuestra de individuos para cada nivel de abundancia. La iteración de este procedimiento hasta 1000 veces genera una media y varianza de la riqueza de especies para cada nivel de abundancia, permitiendo así una comparación estadística de la riqueza esperada de especies para dos o más muestras que difieren en la abundancia de individuos (Gotelli & Entsminger, 2001). Las curvas de rarefacción se utilizaron para comparar la riqueza entre los distintos cultivos y estratos.

- **Métodos no paramétricos:** Estos estimadores no asumen el tipo de distribución del conjunto de datos y no los ajustan a un modelo determinado (Colwell & Coddington, 1994). Requieren solamente datos de presencia-ausencia. Los más utilizados son:

- **Chao 2:** Requiere datos de presencia-ausencia de una especie en una muestra dada, es decir, sólo si está la especie y cuántas veces está esa especie en el conjunto de muestras.

$$Chao2 = S + \frac{L^2}{2M}$$

Donde:

$L$  = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”).

$M$  = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (especies “duplicadas”).

Para este estimador es posible calcular también un estimador de la varianza. De acuerdo a Colwell & Coddington (1994) el Chao 2 provee el estimador menos sesgado para muestras pequeñas.

- **Jackknife de primer orden:** Se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra ( $L$ ). Es una técnica para reducir el sesgo de los valores estimados, en este caso para reducir la subestimación del verdadero número de especies en una comunidad con base en el número representado en una muestra reduciendo el sesgo del orden  $1/n$  (Palmer, 1990).

$$Jack1 = S + L \frac{m-1}{m}$$

Donde:

$L$  = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”).

$m$  = número de muestras.

- **Jackknife de segundo orden:** Se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra así como en el número de especies que ocurren en exactamente dos muestras, relacionándolas con el número total de muestras (Palmer, 1990).

$$Jack2 = S + \frac{L(2m-3)}{m} - \frac{M(m-2)^2}{m(m-1)}$$

- **Chao-1:** Es un estimador no paramétrico del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra. Esto quiere decir que los datos que

requiere se refieren a la abundancia de individuos que pertenecen a una determinada clase en una muestra.

$$Chao1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde:

$S$  = es el número de especies en una muestra.

$a$  = es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de “*singletons*”).

$b$  = es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (número de “*doubletons*”).

Se sabe que hay muchas especies que sólo están representadas por pocos individuos en una muestra (especies raras), comparadas con las especies comunes, que pueden estar representadas por numerosos individuos. Este estimador se basa en cuántas especies están representadas por *singletons* y cuántas por *doubletons* (Escalante, 2003). Coddington *et al.* (1996) considera como buenos indicadores de medida de la diversidad a la curva de acumulación de especies, la presencia / ausencia (medida con los índices de Jackknife y Chao 2), y la abundancia relativa (lognormal). Por su parte, Toti *et al.* (2000) consideran que utilizando varios estimadores, se debe preferir el primero en alcanzar la asíntota.

### Índices de dominancia

Son índices paramétricos que se basan en la dominancia. Son inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

- **Índice de Simpson:** Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1989). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - \lambda$ . Es una medida de dominancia, a medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece.



$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , esto es el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

- **Índice de Diversidad de Shannon-Wiener:** Expresa la uniformidad o equidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de  $S$ , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1989). Es sensible a especies raras.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde:

$p_i$  : es la proporción de individuos para la especie  $i$ .

$$p_i = n_i/N$$

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos

Un test de  $t$  nos permite comparar las diversidades entre dos sitios.

- **Índice de Equidad de Pielou:** Permite apreciar cuán cerca está una comunidad de su diversidad máxima. Es el grado en el que las diferentes especies son similares en cuanto a su abundancia.

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

$H'$ : es el índice Shannon-Wiener

$$H'_{\max} = \ln(S)$$

El índice de equidad de Pielou puede fluctuar entre cero y uno, correspondiendo el valor uno, a una distribución uniforme de los individuos entre las especies (Magurran, 1989; Moreno, 2001).

## 5. Análisis de la Diversidad Beta

Se han propuesto varias definiciones para la diversidad  $\beta$ , y el término ha sido usado en sentido amplio para expresar el reemplazo espacial en la identidad de las especies entre dos o más áreas. En general se refiere a la diversidad entre hábitats o entre sitios.

### - Índices de similitud/disimilitud.

Expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas. Estos índices pueden obtenerse en base a datos cualitativos o cuantitativos directamente, o a través de métodos de ordenación o clasificación de las comunidades.

#### Cualitativos

- *Coeficiente de similitud de Jaccard*: Es un índice basado en datos cualitativos. Expresa la uniformidad de los valores a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Da énfasis a las especies “raras” .

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

$a$  = número de especies presentes en el sitio A

$b$  = número de especies presentes en el sitio B

$c$  = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

El intervalo de valores para este índice va de cero cuando hay pocas especies compartidas entre ambos sitios, hasta uno cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

### **Cuantitativos.**

- ***Coeficiente de similitud de Sørensen:*** Considera datos cuantitativos.

$$Is_{cuant} = \frac{2pN}{aN + bN}$$

Donde:

$aN$  = número total de individuos en el sitio A

$bN$  = número total de individuos en el sitio B

$pN$  = sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios (Magurran, 1989).

La estimación de los distintos índices se obtuvo mediante la utilización de los programas EstiMateS (versión 7) (Collwell, 2004), DIVERS (Pérez-López & Sola-Fernández, 1993) y EcoSim (versión 7.0) (Gotelli & Entsminger, 2001).

## **6. Estructura de gremios en las comunidades de arañas**

Las comunidades de arañas presentes en soja de primera y de segunda siembra, y las correspondientes a la vegetación adyacente al cultivo de soja de segunda fueron agrupadas en gremios, siguiendo la denominación de Uetz *et al.* (1999).

## **RESULTADOS**

### **1. Cultivos de soja transgénica de primera y de segunda siembra**

#### **1. 1. Abundancia relativa**

La abundancia de arañas del estrato suelo de ambos cultivos se muestreó con la misma metodología. Sin embargo, cabe aclarar que el estrato herbáceo de la soja de primera se muestreó con red entomológica, mientras que en la soja de segunda con aspirador manual. Por lo tanto, la mayor efectividad del aspirador manual, sumado al hecho de que la soja de primera comenzó a muestrearse tardíamente, hace que las comparaciones de la abundancia relativa entre ambos cultivos deban ser tomadas con limitaciones.

Del total de individuos recolectados en soja de primera, la mayor proporción se registró en los meses de febrero y abril. En soja de segunda lo fue en enero y febrero, y mostró una tendencia a decrecer hacia el fin del verano y principios del otoño (Fig. 2). En ambos cultivos la mayor abundancia se registró en el estrato suelo.

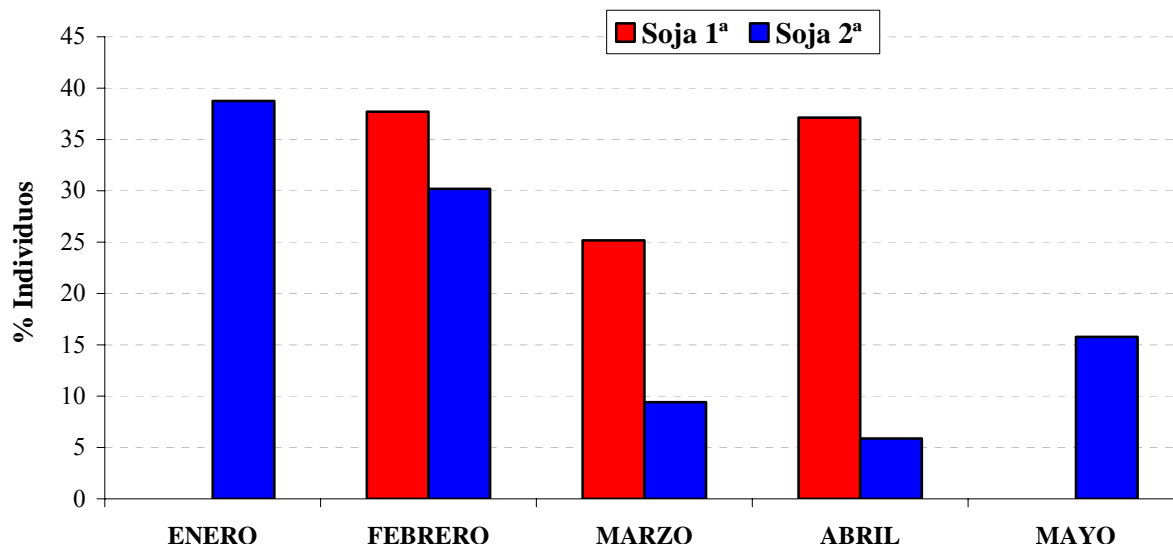


Fig. 2: Abundancia relativa del total de arañas recolectadas en los cultivos de soja de primera y de segunda siembra (Chivilcoy, Buenos Aires). En soja de primera los muestreos se comenzaron a principios de febrero.

En el cultivo de soja de primera, en los meses de febrero y abril, el mayor porcentaje de individuos recolectados en el estrato suelo correspondió a adultos, y entre éstos, predominaron los machos. En soja de segunda, en todos los meses muestreados predominaron ampliamente los juveniles, fundamentalmente en enero y febrero, y no se hubo predominio de los machos con respecto a las hembras (Fig. 3).

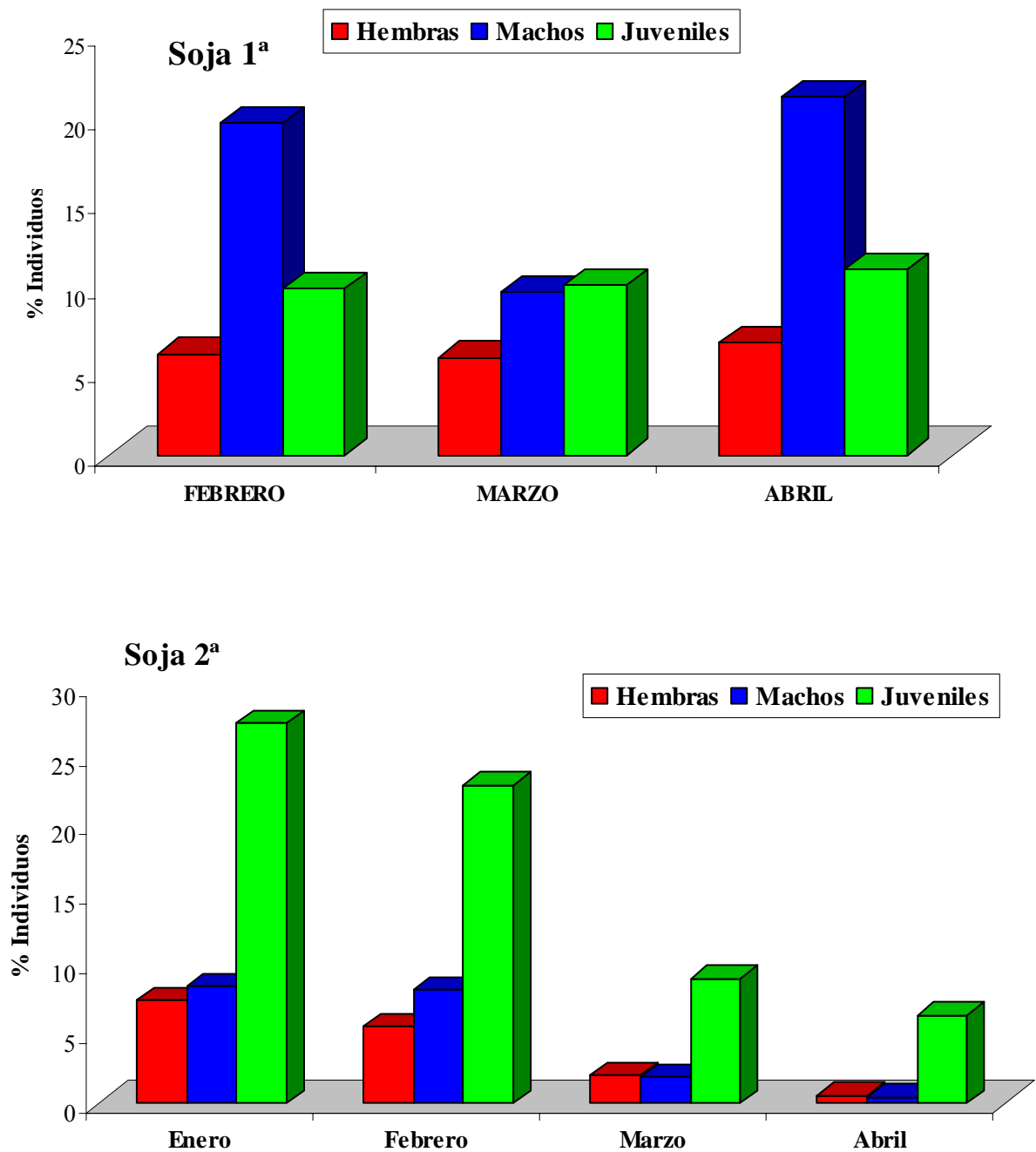


Fig. 3: Estados de desarrollo de las arañas recolectadas a nivel del estrato suelo, durante los muestreos en cultivos de soja (Chivilcoy, Buenos Aires).

Se registró una importante coincidencia espacio-temporal entre varias familias de arañas características del estrato herbáceo e insectos herbívoros que atacan la soja (Fig. 4).

Los datos de las especies de herbívoros registradas en el cultivo fueron proporcionados por el Dr. Gerardo Liljesthröm, director del proyecto “Efectos del

sistema de cultivo de soja transgénica sobre la comunidad de plagas y sus enemigos naturales. Propuestas de estrategias para el manejo de plagas”, el cual incluyó algunos temas abordados en la presente Tesis.

Período 2005 – 07	Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	V3	F	FF				A			
<b>Especies fitófagas</b>										
<b><u>Hemípteros Picadores</u></b>										
<i>Nezara viridula</i>										
<i>Piezodorus guildinii</i>										
<i>Edesa mediatubunda</i>										
<i>Dichelops furcatus</i>										
<b><u>Lepidópteros Barrenadores</u></b>										
<i>Crocosema aporea</i>										
<i>Eulia loxonepes</i>										
<b><u>Lepidópteros Folívoros</u></b>										
<i>Rachiplusia nu</i>										
<i>Colias lesbia</i>										
<i>Heliothis gelatopoeon</i>										
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>										
<i>Heliothis zea</i>										
<i>Spodoptera frugiperda</i>										
<i>Loxostege bifidalis</i>										
<i>Anticarsia gemmatilis</i>										
<i>Spilosoma virginica</i>										
<b><u>Crisomélidos Folívoros</u></b>										
<i>Colaspis sp.</i>										
<i>Diabrotica speciosa</i>										
<b><u>Arañas en soja de primera</u></b>										
Anyphaenidae										
Araneidae										
Oxyopidae										
Salticidae										
Tetragnathidae										
Thomisidae										
<b><u>Arañas en soja de segunda</u></b>										
Anyphaenidae										
Araneidae										
Oxyopidae										
Philodromidae										
Salticidae										
Tetragnathidae										
Theridiidae										
Thomisidae										

Fig. 4. Sincronía espacio-temporal entre familias de arañas del estrato herbáceo de soja de primera y de segunda y distintas especies de insectos herbívoros presentes en el cultivo para el período 2005-2007, en Chivilcoy. Las letras representan características fenológicas del cultivo: V3 (estado vegetativo con 3 nudos), F (inicio de floración), FF (fructificación), A (amarilleado de las hojas).

## 1. 2. Análisis de la diversidad alfa

### ▪ Composición taxonómica, riqueza y diversidad de especies

En el cultivo de soja de primera se capturaron 1437 arañas, pertenecientes a 11 familias, y en el de soja de segunda 2451, representadas en 16 familias. En el primer caso, predominaron las familias Hahniidae y Lycosidae, y en el segundo, la familia Lycosidae (Fig. 5).

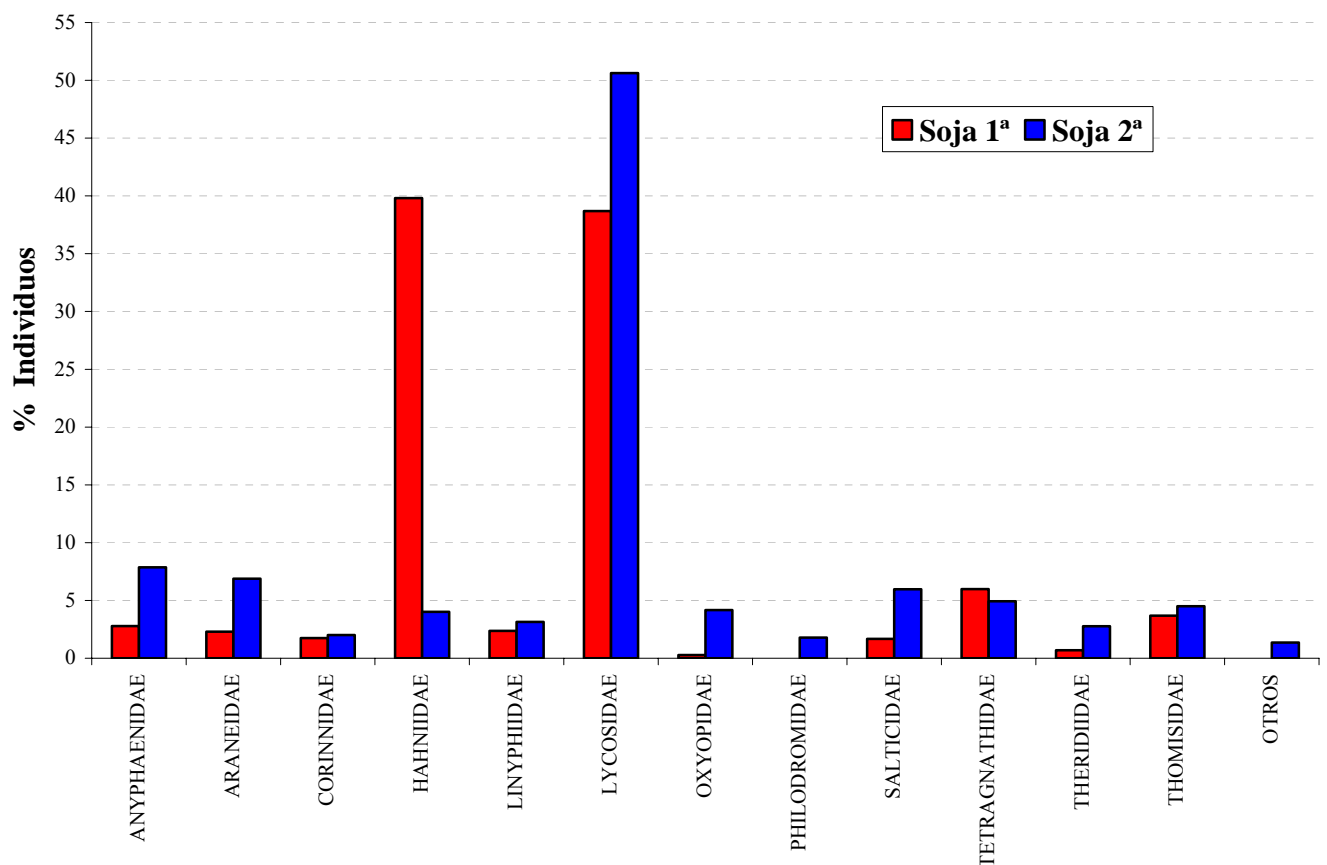


Fig. 5: Familias de arañas registradas en cultivos de soja de primera y de segunda siembra (Chivilcoy, Buenos Aires).

La riqueza en soja de primera fue de 31 especies, 15 de ellas pertenecientes al estrato herbáceo y 26 al estrato suelo; mientras que en el cultivo de soja de segunda fue de 50 especies, 44 en el estrato herbáceo y 36 en el estrato suelo (Tabla 1).

Tabla 1: Especies de arañas presentes en cultivos de soja de primera y de segunda siembra (Chivilcoy, Buenos Aires). La abundancia relativa de cada especie se expresa en porcentaje, en relación al total de arañas recolectadas.

FAMILIAS	ESPECIES	SOJA - 1 <sup>a</sup>	SOJA - 2 <sup>a</sup>
ANYPHAENIDAE	<i>Aysha</i> sp.1	0,07 %	0,60 %
	<i>Aysha</i> sp.2	-----	0,49 %
	<i>Tasata</i> sp.	2,71 %	6,77 %
ARANEIDAE	<i>Alpaida veniliae</i>	1,60 %	3,63 %
	<i>Alpaida versicolor</i>	0,14 %	0,16 %
	<i>Araneus lathyrius</i>	-----	0,16 %
	<i>Argiope argentata</i>	0,14 %	0,32 %
	<i>Argiope trifasciata</i>	-----	0,22 %
	<i>Larinia bivittata</i>	0,14 %	1,79 %
	<i>Mecynogea</i> sp.	-----	0,05 %
	<i>Metepeira</i> sp.	-----	0,11 %
	<i>Neoscona</i> sp.	-----	0,16 %
	<i>Wixia</i> sp.	0,28 %	0,27 %
CORINNIDAE	<i>Castianeira gertschi</i>	-----	0,22 %
	<i>Castianeira</i> sp. 1	0,28 %	0,16 %
	<i>Meriola cetiformis</i>	-----	0,54 %
	<i>Meriola</i> sp.	1,39 %	0,70 %
	<i>Trachelopachys</i> sp.	0,07 %	0,32 %
	<i>Castianeira</i> sp. 2	-----	0,05 %
CTENIDAE	<i>Asthenoctenus</i> sp.	-----	0,05 %
GNAPHOSIDAE	<i>Morfo</i> sp.1	-----	0,22 %
	<i>Camillina</i> sp.	-----	0,05 %
HAHNIIDAE	<i>Antistea</i> sp.	39,80 %	4,01 %
LINYPHIIDAE	<i>Lepthyphantes</i> sp.	-----	0,05 %
	<i>Meioneta</i> sp.	0,63 %	0,49 %
	<i>Microneta</i> sp.	1,53 %	0,65 %
	<i>Scolecurea</i> sp.1	0,14 %	1,84 %
	<i>Tutaibo</i> sp.1	0,07 %	0,11 %
	<i>Allocosa</i> sp.1	0,14 %	4,55 %
	<i>Allocosa</i> sp.2	10,92 %	4,88 %



LYCOSIDAE	<i>Diapontia</i> sp.	25,54 %	30,68 %
	<i>Hogna paranensis</i>	0,76 %	1,03 %
	<i>Hogna poliostruma</i>	-----	2,66 %
	<i>Schizocosa</i> sp.	1,32 %	6,72 %
	<i>Pardosa</i> sp.1	-----	0,11 %
OXYOPIDAE	<i>Oxyopes salticus</i>	0,28 %	4,17 %
PHILODROMIDAE	<i>Fageia</i> sp.	-----	1,79 %
PISAURIDAE	<i>Thaumasia</i> sp.	-----	0,22 %
SALTICIDAE	<i>Euophris</i> sp.	0,35 %	0,49 %
	<i>Helvetia</i> sp.	0,14 %	1,25 %
	<i>Metaphidippus</i> sp.	-----	0,98 %
	<i>Parafluda</i> sp.	0,14 %	0,11 %
	<i>Pelegria exigua</i>	0,90 %	2,60 %
	Morfo sp.1	0,14 %	0,49 %
	Morfo sp.2	-----	0,05 %
TETRAGNATHIDAE	<i>Glenognatha lacteovitata</i>	5,98 %	4,93 %
THERIDIIDAE	<i>Thymoites</i> sp.	0,69 %	2,76 %
THOMISIDAE	<i>Misumenops</i> sp.	3,34 %	4,17 %
	<i>Xysticus</i> sp.1	0,14 %	0,32 %
	<i>Xysticus</i> sp.2	0,21 %	-----
TITANOECIDAE	<i>Goeldia</i> sp.	-----	0,81 %

Las especies más abundantes en el cultivo de soja de primera, fueron: *Antistea* sp. (Hahniidae), *Diapontia* sp., *Allocosa* sp.2 (Lycosidae) y *Glenognatha lacteovitata* (Tetragnathidae). En el cultivo de soja de segunda, fueron: *Diapontia* sp. (Lycosidae), *Antistea* sp. (Hahniidae), *Tasata* sp. (Anyphaenidae), *Allocosa* sp.2 (Lycosidae) y *Schizocosa* sp. (Lycosidae).

Las curvas de rarefacción corroboraron una mayor riqueza esperada de especies en la soja de segunda que en la de primera, y las diferencias resultaron significativas al no haber solapamiento de los intervalos de confianza (Fig. 6).

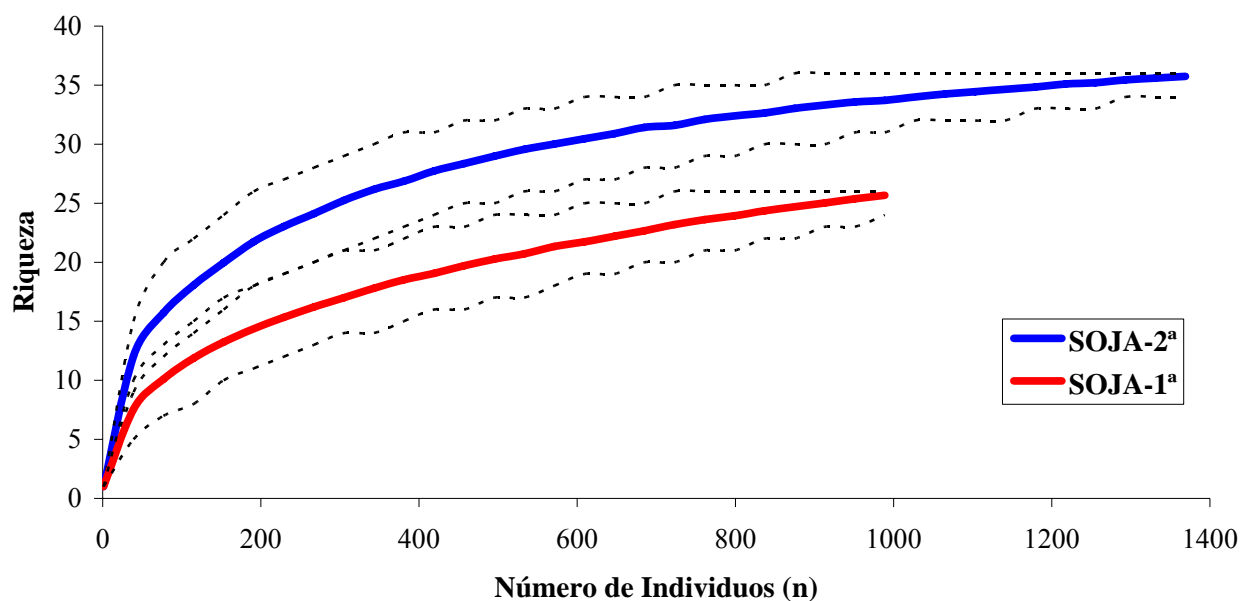


Fig. 6: Curvas de rarefacción de especies en cultivos de soja de primera y segunda siembra (Chivilcoy, Buenos Aires). Líneas punteadas indican los límites de confianza al 95%.

Las curvas correspondientes a los índices de riqueza no paramétricos (Chao 2, Jackknife de primer orden, Jackknife de segundo orden, y Chao1) fueron asintóticas en soja de primera, mientras que en soja de segunda no llegaron a alcanzar la asíntota (Fig. 7 y 8). Los estimadores no paramétricos indicaron que aún falta registrar un número más importante de especies para completar el inventario de arañas en el cultivo de soja de segunda, que en el de primera. Las curvas de especies observadas parecen alcanzar la asíntota con un esfuerzo de muestreo mucho más bajo en soja de primera que en la de segunda.

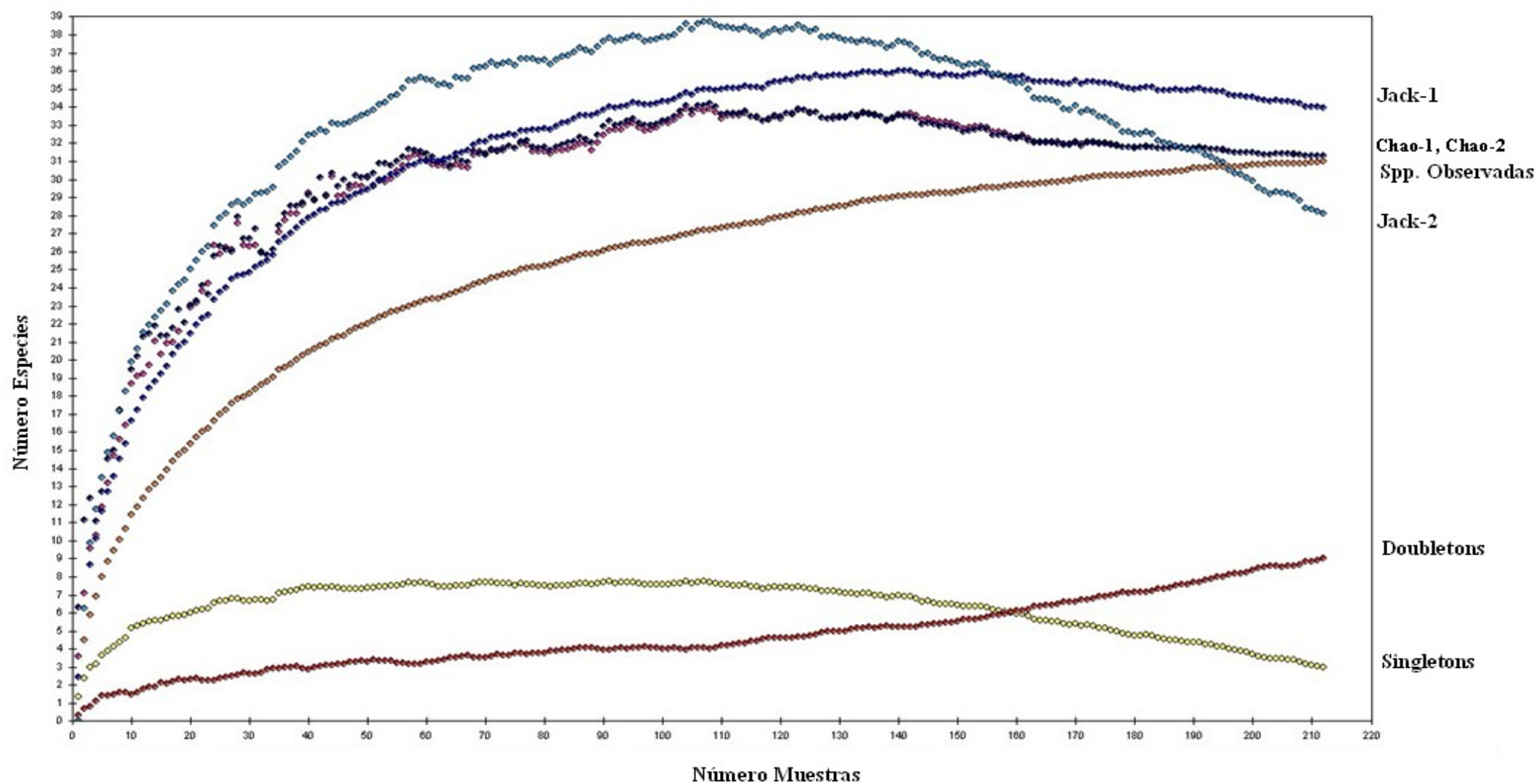


Fig. 7: Curvas de acumulación de especies de la riqueza observada y la riqueza estimada por los estimadores no paramétricos y curvas de *singletons* y *doubletons*, en cultivo de soja de primera siembra (Chivilcoy, Buenos Aires).

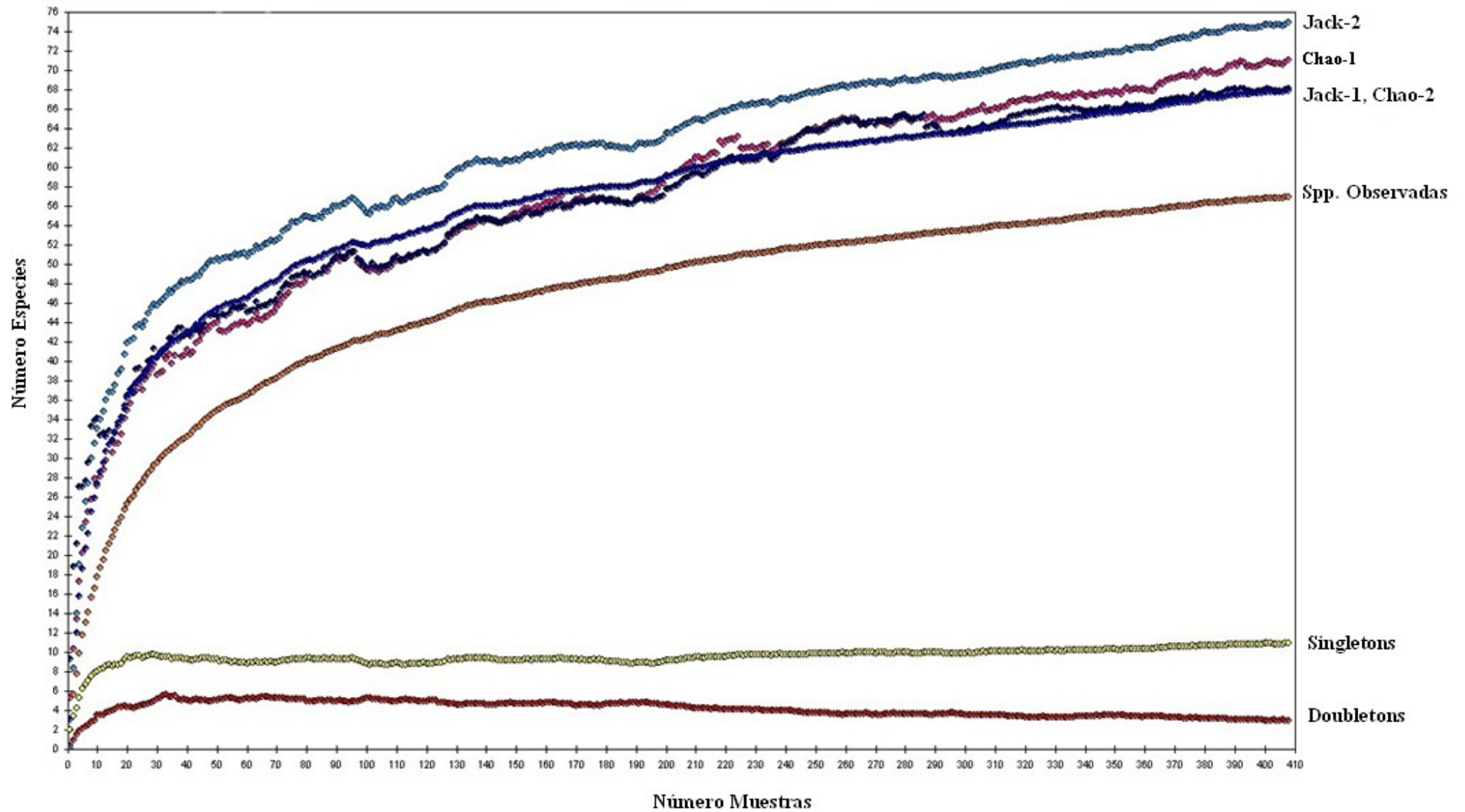


Fig. 8: Curvas de acumulación de especies de la riqueza observada y la riqueza estimada por los estimadores no paramétricos y curvas de *singletons* y *doubletons*, en cultivo de soja de segunda siembra (Chivilcoy, Buenos Aires).

En soja de primera se registró un menor número de *singletons* que en soja de segunda. La curva comenzó a decrecer luego de las 110 muestras en el primer caso, mientras se mantuvo constante, a partir de la muestra 20, en el segundo. El número de *doubletons* fue mayor en soja de primera, y la curva creció paulatinamente a medida que se incrementó el número de muestras. El punto de cruce entre los *singletons* y los *doubletons* se da en un determinado momento en donde los *singletons* dejaron de serlo y por eso descienden, en este caso transformándose algunas especies en *doubletons*. Por tal motivo la disminución de uno se transformó en el incremento del otro.

En soja de primera, las especies representadas por un solo individuo fueron: *Aysa* sp.1 (Anyphaenidae), *Trachelopachys* sp. (Corinnidae) y *Tutaibo* sp. (Linyphidae), mientras que en el cultivo de soja de segunda fueron: *Achaeearanea* sp. (Theridiidae); *Arachomura* sp., *Neonella* sp., Morfo sp.2 (Salticidae); *Argiope* sp., *Mecynogea* sp. (Araneidae); *Asthenoctenus* sp. (Ctenidae); *Camillina* sp. (Gnaphosidae); Morfo sp. 2 (Corinnidae) y *Lepthyphantes* sp., *Liniphia* sp.1 (Linyphidae).

En el caso de las especies representadas por dos individuos, en el cultivo de soja de primera fueron: *Allocosa* sp.1 (Lycosidae); *Alpaida versicolor*, *Argiope argentata*, *Larinia bivittata* (Araneidae); *Helvetia* sp., *Parafluda* sp., Morfo sp.1 (Salticidae); *Scolecurea* sp. (Linyphidae) y *Xysticus* sp.1 (Thomisidae); mientras que en el cultivo de soja de segunda fueron: *Araneus lathyrinus* (Araneidae) y *Xysticus* sp.1 (Thomisidae).

El índice de Simpson indicó una mayor dominancia en soja de primera, lo cual resultó coherente con la menor equidad señalada por el índice de Pielou, señalando una distribución más uniforme de la abundancia de las distintas especies. El índice de Margalef indicó una elevada diversidad en ambos tipos de cultivo, aunque mayor en soja de segunda. Este resultado coincidió con lo indicado por el índice de Shannon-Wiener (Tabla 2).

Tabla 2: Estimadores de diversidad en cultivos de soja (Chivilcoy, Buenos Aires).

	CULTIVO SOJA - 1ª	CULTIVO SOJA - 2ª
<b>Riqueza de Especies</b>	31	50
<b>CHAO 1</b>	32,31 ± 0,92	71,09 ± 17,42
<b>CHAO 2</b>	32,31 ± 0,92	68,22 ± 12,47
<b>Jack 1</b>	33,98 ± 1,71	67,97 ± 3,26
<b>Jack 2</b>	28,08 ± 0	74,94 ± 0
<b>Singletons</b>	3	11
<b>Doubletons</b>	9	2
<b>Simpson</b>	0,24166	0,11026
<b>Equidad de Pielou</b>	0,55605	0,72154
<b>Margalef</b>	4,12637	7,17558
<b>Shannon-Wiener</b>	1,90947	2,89676

### 1. 3. Análisis de la Diversidad Beta

Los resultados de los índices cualitativos y cuantitativos indicaron una media a elevada similitud entre los cultivos de soja de primera y de segunda siembra. Los valores de estos índices fueron: *Jaccard* = 51,7%, y *Sorensen* = 68,2%.

Ambos cultivos compartieron 29 especies, las cuales fueron: *Aysha* sp.1, *Tasata* sp., *Alpaida veniliae*, *Alpaida versicolor*, *Argiope argentata*, *Larinia bivittata*, *Wixia* sp., *Castianeira* sp. 1, *Meriola* sp., *Trachelopachys* sp., *Antistea* sp., *Meioneta* sp., *Microneta* sp., *Scolecurea* sp.1, *Tutaibo* sp.1, *Allocosa* sp.1, *Allocosa* sp. 2, *Diapontia* sp., *Hogna paranensis*, *Schizocosa* sp. , *Oxyopes salticus*, *Euophris* sp., *Helvetia* sp. , *Parafluda* sp., *Pelegrina exigua*, *Morfo* sp.1 (Salticidae), *Glenognatha lacteovittata*, *Thymoites* sp., *Misumenops* sp., y *Xysticus* sp.1.

### 1. 4. Estructura de gremios en las comunidades de arañas

Las arañas estructuraron siete gremios en soja de primera y nueve en soja de segunda (Tabla 3).

Tabla 3: Familias de arañas pertenecientes a distintos gremios en el cultivo de soja de primera y de segunda siembra (Chivilcoy, Buenos Aires). La abundancia relativa de cada familia se expresa en porcentaje.

GREMIOS DE ARAÑAS	FAMILIAS	SOJA-1 <sup>a</sup>	SOJA-2 <sup>a</sup>
Tejedora de tela orbicular	Araneidae	2,3 %	4,7 %
	Tetragnathidae	6,0 %	5,2 %
Tejedora de tela irregular	Titanoecidae	-----	0,8 %
	Theridiidae	0,7 %	2,9 %
Tejedora de tela irregular tipo sábana	Linyphiidae	2,3 %	3,1 %
Tejedora de tela tipo sábana	Hahniidae	39,8 %	4,2 %
Cazadora por emboscada	Thomisidae	3,7 %	3,6 %
	Philodromidae	-----	1,1 %
Cazadora al acecho	Salticidae	1,7 %	6,3 %
	Oxyopidae	0,3 %	3,2 %
Cazadora corredora en follaje	Anyphaenidae	2,8 %	8,2 %
Cazadora corredora en suelo	Lycosidae	38,7 %	54,0 %
	Corinnidae	1,7 %	2,1 %
	Gnaphosidae	-----	0,3 %
	Ctenidae	-----	0,1 %
Cazadora corredora sobre agua	Pisauridae	-----	0,2 %

En la Fig. 9 se observa la abundancia relativa de los distintos gremios en soja de primera y de segunda.

En soja de primera, las **tejedoras de tela tipo sábana** y las **cazadoras corredoras en suelo** fueron los gremios más abundantes, mientras que en soja de segunda lo fueron las **cazadoras corredoras en suelo**, siguiendo en importancia, las **tejedoras de tela orbicular** y las **cazadoras al acecho**.

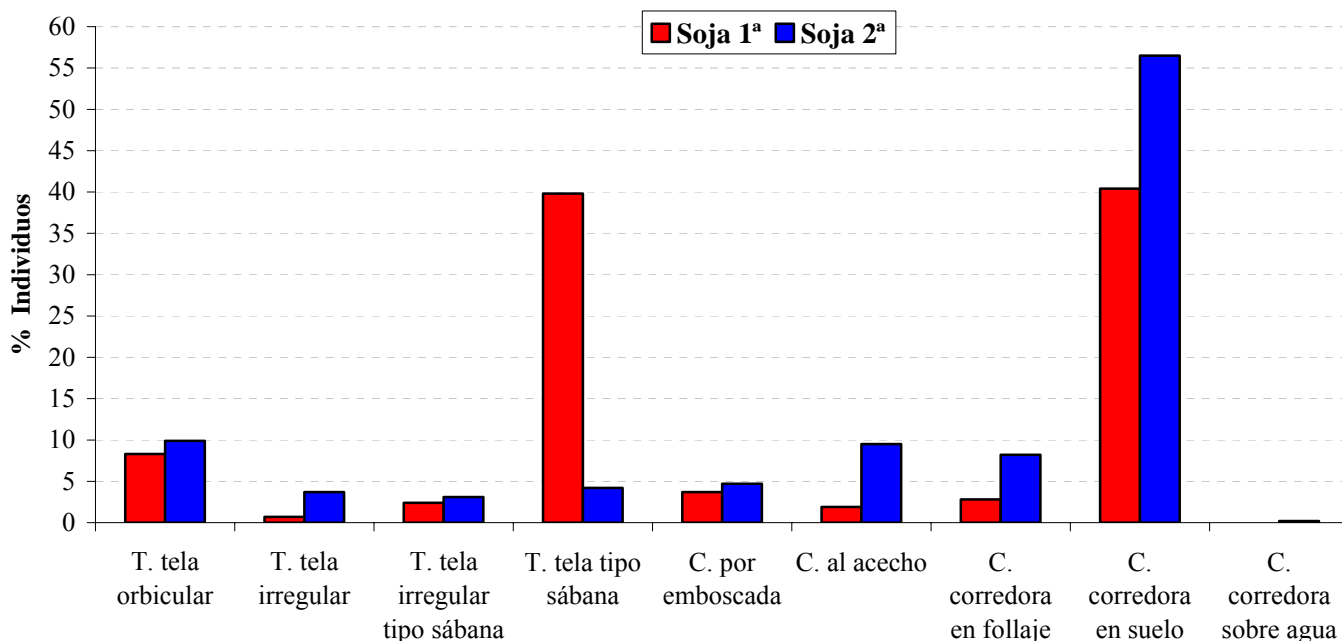


Fig. 9: Abundancia relativa de los distintos gremios de arañas en cultivos de soja de primera y de segunda siembra (Chivilcoy, Buenos Aires). La abundancia relativa de cada gremio se expresa en porcentaje.

**I- Arañas tejedoras de tela orbicular.** Alcanzaron un porcentaje similar en ambos cultivos. La familia Tetragnathidae tuvo mayor representación que la Araneidae tanto en soja de primera como de segunda, y la especie más abundante fue *Glenognatha lacteovitata*. La familia Araneidae fue más importante en el cultivo de soja de segunda que en el de primera siembra, siendo la especie más abundante *Alpaida veniliae*.

**II- Arañas tejedoras de tela irregular.** Tuvieron muy baja representación en ambos cultivos. Theridiidae fue la única familia presente en soja de primera y las más abundante en soja de segunda, representada por la especie *Thymoites* sp.

**III- Arañas tejedoras de tela irregular tipo sábana.** En ambos cultivos de soja este gremio estuvo representado, en porcentajes bajos y bastante similares por la familia Linyphiidae, con cuatro especies en soja de primera y cinco en soja de segunda.

**IV- Arañas tejedoras de tela tipo sábana.** Representado por una sola familia, Hahniidae. El porcentaje de individuos fue notoriamente más alto en soja de primera. En ambos cultivos la única especie registrada fue *Antistea* sp.



**V- Arañas cazadoras por emboscada.** Tuvieron un porcentaje semejante en ambos cultivos. Thomisidae fue la única familia presente en soja de primera y la más abundante en soja de segunda. La especie más numerosa en ambos cultivos fue *Misumenops* sp.

**VI- Arañas cazadoras al acecho.** Se registró un bajo porcentaje en soja de primera y algo mayor en soja de segunda. Salticidae fue la familia numéricamente más importante en ambos cultivos. La especie más abundante fue *Pelegrina exigua*.

**VII- Arañas cazadoras en follaje.** La única familia representante de este gremio, para ambos cultivos de soja, fue Anyphaenidae. La especie más abundante fue *Tasata* sp.

**VIII- Arañas cazadoras corredoras en suelo.** Es el gremio con mayor porcentaje de individuos y el que presenta mayor número de familias. La familia más numerosa para ambos cultivos fue Lycosidae, destacándose la especie *Diapontia* sp.

**IX- Arañas cazadoras corredoras sobre agua.** Éste gremio estuvo presente sólo en el cultivo de soja de segunda durante los meses de mayo y junio en algunas áreas inundadas del cultivo. Comprendió solo la familia Pisauridae con una sola especie, *Thaumasia* sp., con una abundancia muy baja.

Los gremios que presentaron mayor riqueza de especies en soja de primera y de segunda fueron las tejedoras de tela orbicular (6 y 11, respectivamente), las cazadoras al acecho (6 y 8, respectivamente) y las cazadoras corredoras en suelo (8 y 16, respectivamente) (Tabla1).

## **2. Cultivo de soja de segunda siembra y vegetación adyacente**

### **2. 1. Abundancia relativa**

En este caso la abundancia relativa de las arañas del estrato herbáceo y del suelo se muestreó simultáneamente y con la misma metodología.

Las arañas estuvieron presentes en las dos áreas a todo lo largo del período muestreado (Fig. 10). En soja de segunda siembra se recolectaron 3.057 arañas y 4.625 en la vegetación adyacente, a todo lo largo del período muestreado. En la presiembra de

la soja (rastreo de trigo), la abundancia de arañas fue relativamente importante. La máxima abundancia relativa se alcanzó, en ambos sitios, durante enero y febrero presentando porcentajes similares. Durante los meses de marzo y abril, la abundancia decreció. Cabe aclarar que en este período las lluvias superaron ampliamente los valores promedio, causando inundación en algunos lugares de los sitios de muestreos. En la post-cosecha hubo un leve incremento de la abundancia en relación a abril, siendo más notorio en la vegetación adyacente.

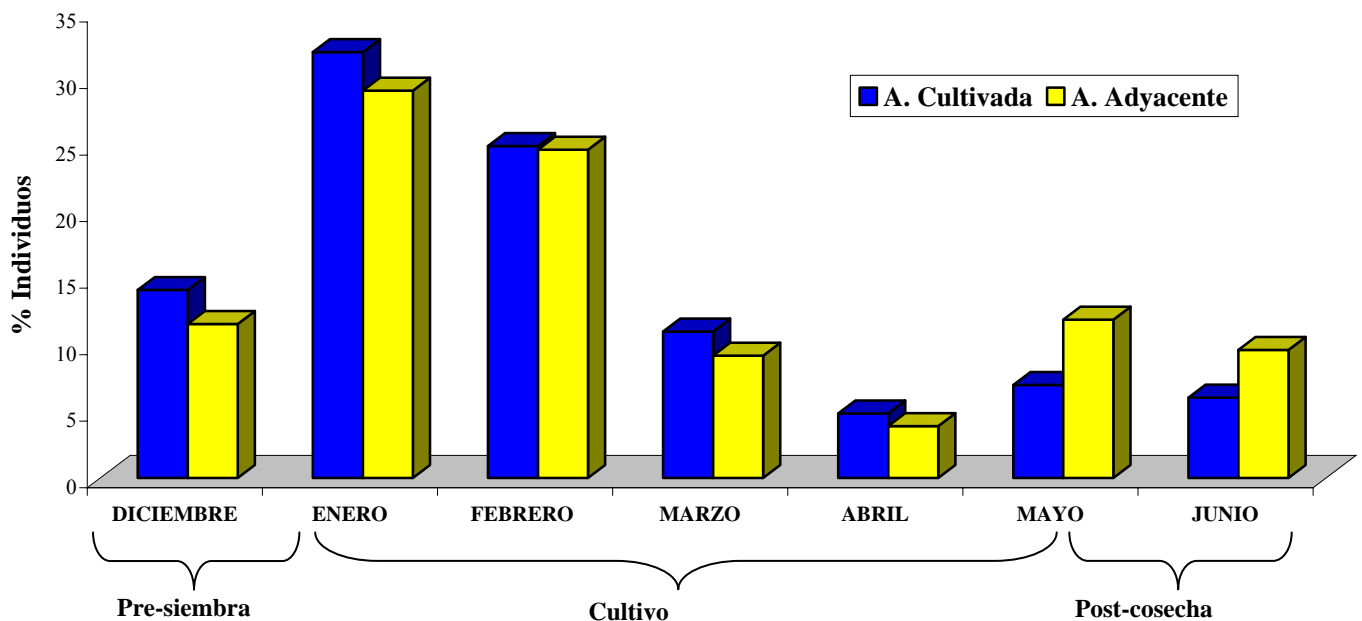


Fig. 10: Abundancia relativa del total de arañas recolectadas en el cultivo de soja de segunda siembra, y en el área de vegetación adyacente durante todos los meses de muestreo (Chivilcoy, Buenos Aires).

En el período de presiembr, la proporción de individuos juveniles y adultos presentes en el cultivo fue semejante. Dentro de los adultos, dominaron los machos. Las familias y especies dominantes en esta etapa correspondieron al estrato suelo (por ej. *Diapontia* sp.). Durante el desarrollo del cultivo dominaron los estados juveniles, fundamentalmente en los meses de mayor abundancia, enero y febrero. La proporción de sexos en los adultos, durante este período fue bastante similar. Desde marzo hasta junio, los individuos juveniles continuaron siendo dominantes en la comunidad de arañas, aunque la diferencia con respecto a los adultos no fue tan marcada. (Fig. 11).

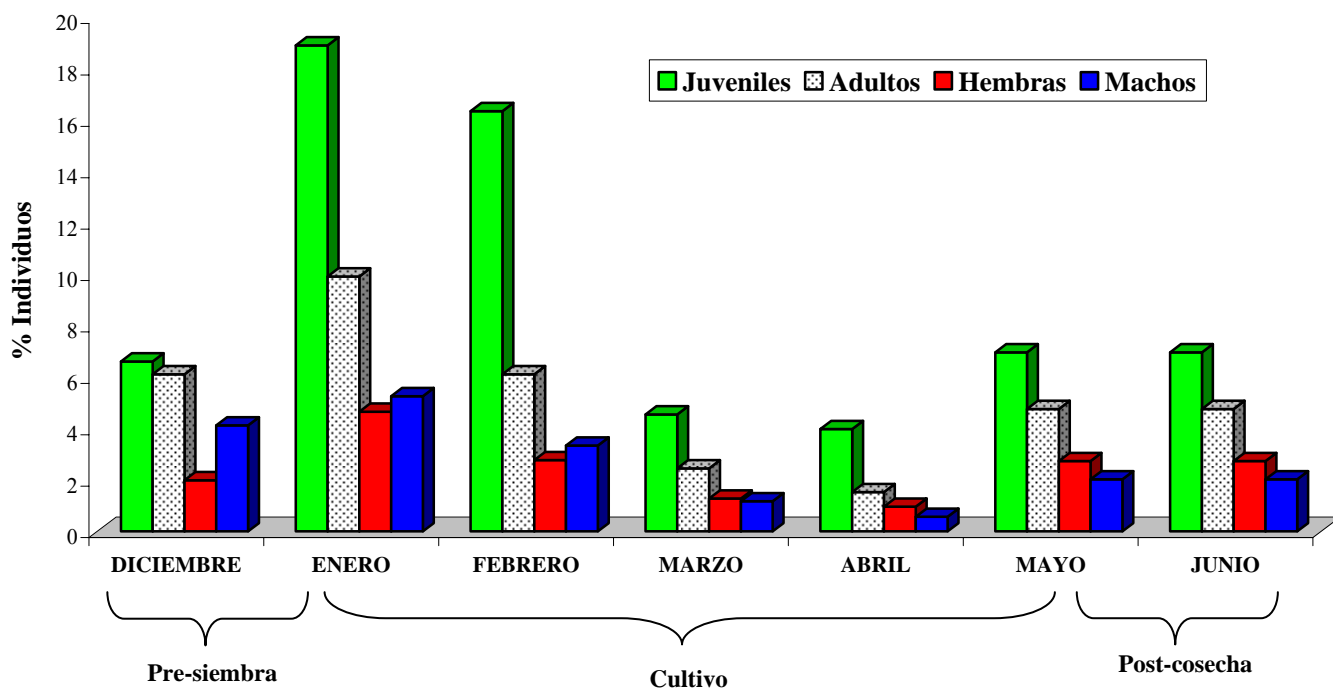


Fig. 11: Estados de desarrollo de las arañas recolectadas en el cultivo de soja de segunda siembra, desde la presiembra hasta la post-cosecha (Chivilcoy, Buenos Aires).

## 2. 2. Análisis de la Diversidad Alfa

### ▪ Composición taxonómica, riqueza y diversidad de especies

#### PRE- SIEMBRA

En la pre-siembra la composición taxonómica no guardó una estrecha similitud entre el área de cultivo y la vegetación adyacente (Tabla 4). La riqueza fue de 32 y 24 especies para el área de cultivo y la vegetación adyacente, respectivamente. El índice de Pielou indicó una mayor equidad en la vegetación adyacente (0,79) que en el rastrojo de trigo (0,70), y el de Shannon-Wiener una diversidad de 2,54 y 2,49, respectivamente.

Tabla 4: Especies de arañas presentes en el período de pre-siembra de soja de segunda (rastrojo de trigo) en el área cultivada y área de vegetación adyacente al cultivo (Chivilcoy, Buenos Aires). La abundancia relativa de cada especie se expresa en porcentaje del total recolectado.

Familias	Especies	Área Cultivada	Área Adyacente
ANYPHAENIDAE	<i>Aysha</i> sp.1	-----	0,93 %
	<i>Tasata</i> sp.	4,21 %	0,93 %
ARANEIDAE	<i>Alpaida veniliae</i>	0,32 %	1,87 %
	<i>Alpaida versicolor</i>	-----	0,93 %
	<i>Larinia bivittata</i>	1,94 %	-----
	<i>Metepeira</i> sp.	0,32 %	-----
	<i>Wixia</i> sp.	-----	0,93 %
CORINNIDAE	<i>Castianeira gertschi</i>	0,65 %	4,67 %
	<i>Castianeira</i> sp. 1	2,26 %	-----
	<i>Meriola cetiformis</i>	0,65 %	-----
	<i>Meriola</i> sp.	0,97 %	0,93 %
	<i>Trachelopachys</i> sp.	1,62 %	-----
GNAPHOSIDAE	<i>Morfo</i> sp.1	1,62 %	2,80 %
HAHNIIDAE	<i>Antistea</i> sp.	11,00 %	3,74 %
LINYPHIIDAE	<i>Liniphia</i> sp.1	0,32 %	-----
	<i>Scolecurea</i> sp.1	0,32 %	-----
	<i>Meioneta</i> sp.	0,32 %	1,87 %
	<i>Microneta</i> sp.	0,32 %	5,61 %
	<i>Moyosi</i> sp.	-----	2,80 %
LYCOSIDAE	<i>Allocosa</i> sp.1	2,59 %	-----
	<i>Allocosa</i> sp.2	12,62 %	6,54 %
	<i>Diapontia</i> sp.	40,13 %	28,97 %
	<i>Schizocosa</i> sp.	1,62 %	-----
	<i>Hogna paranensis</i>	1,94 %	0,93 %
	<i>Hogna poliostrata</i>	1,94 %	-----
	<i>Pardosa</i> sp.1	0,65 %	3,74 %
	<i>Schizocosa</i> sp.	-----	4,67 %
OXYOPIDAE	<i>Oxyopes salticus</i>	0,65 %	0,93 %
PHILODROMIDAE	<i>Fageia</i> sp.	0,65 %	0,93 %
PISAURIDAE	<i>Thaumasia</i> sp.	0,32 %	-----
SALTICIDAE	<i>Arachomura</i> sp.	0,32 %	-----
	<i>Euophris</i> sp.	0,65 %	-----
	<i>Metaphidippus</i> sp.	0,65 %	-----
	<i>Neonella</i> sp.	0,32 %	-----
	<i>Parafluda</i> sp.	-----	0,93 %
	<i>Pelegriana exigua</i>	0,97 %	0,93 %
TETRAGNATHIDAE	<i>Glenognatha lacteovittata</i>	4,53 %	14,95 %
THERIDIIDAE	<i>Thymoites</i> sp.	2,59 %	3,74 %
TITANOECIDAE	<i>Goeldia</i> sp.	-----	4,67 %

## CULTIVO

En el cultivo, la riqueza de especies fue igual en ambas áreas. Como fuera descripto anteriormente (1.2.), en soja de segunda se registraron 16 familias y 50 especies. Las especies más abundantes fueron: *Diapontia* sp. (Lycosidae), *Tasata* sp. (Anyphaenidae) y *Schizocosa* sp. (Lycosidae) (Tabla 5). En el área de vegetación adyacente, para el mismo período, se recolectaron 14 familias y 50 especies. Las especies más abundantes fueron: *Diapontia* sp. (Lycosidae), *Thymoites* sp. (Theridiidae), *Tasata* sp. (Anyphaenidae) y *Glenognatha lacteovittata* (Tetragnathidae).

Tabla 5: Especies de arañas presentes en el cultivo de soja de segunda siembra y en el área de vegetación adyacente en el cultivo (enero-mayo), (Chivilcoy, Buenos Aires). La abundancia relativa de cada especie se expresa en porcentaje del total recolectado.

FAMILIAS	ESPECIES	Área Cultivada	Área Adyacente
ANYPHAENIDAE	<i>Aysha</i> sp.1	0,59 %	1,13 %
	<i>Aysha</i> sp.2	0,49 %	3,07 %
	<i>Tasata</i> sp.	6,77 %	6,78 %
ARANEIDAE	<i>Alpaida veniliae</i>	3,63 %	2,26 %
	<i>Alpaida versicolor</i>	0,16 %	-----
	<i>Araneus lathyrinus</i>	0,16 %	0,65 %
	<i>Argiope argentata</i>	0,32 %	-----
	<i>Argiope</i> sp.	-----	0,32 %
	<i>Argiope trifasciata</i>	0,22 %	-----
	<i>Larinia bivittata</i>	1,79 %	0,48 %
	<i>Mecynogea</i> sp.	0,05 %	0,16 %
	<i>Metepeira</i> sp.	0,11 %	-----
	<i>Neoscona</i> sp.	0,16 %	-----
	<i>Wixia</i> sp.	0,27 %	-----
CORINNIDAE	<i>Castianeira gertschi</i>	0,22 %	3,23 %
	<i>Castianeira</i> sp. 1	0,16 %	-----
	<i>Castianeira</i> sp. 2	0,05 %	0,97 %
	<i>Meriola cetiformis</i>	0,54 %	1,29 %
	<i>Meriola</i> sp.	0,70 %	2,10 %
	<i>Trachelopachys</i> sp.	0,32 %	0,48 %
CTENIDAE	<i>Asthenotenus</i> sp.	0,05 %	0,32 %
	<i>Ctenus cteniatius</i>	-----	0,16 %
GNAPHOSIDAE	Morfo sp.1	0,22 %	0,32 %
	<i>Camillina</i> sp.	0,05 %	0,16 %
HAHNIIDAE	<i>Antistea</i> sp.	4,01 %	3,5 %
	<i>Lepthyphantes</i> sp.	0,05 %	0,32 %
	<i>Meioneta</i> sp.	0,49 %	2,91 %

LINYPHIIDAE	<i>Microneta</i> sp.	0,65 %	2,75 %
	<i>Moyosi</i> sp.	-----	1,29 %
	<i>Scolecuroa</i> sp.1	1,84 %	2,26 %
	<i>Scolecuroa</i> sp.2	-----	1,78 %
	<i>Tutaibo</i> sp.1	0,11 %	0,81 %
	<i>Tutaibo</i> sp.2	-----	3,55 %
	<i>Tutaibo</i> sp.3	-----	0,32 %
	Morfo sp.1	-----	0,65 %
	Morfo sp.2	-----	0,48 %
LYCOSIDAE	<i>Allocosa</i> sp.1	4,55 %	0,81 %
	<i>Allocosa</i> sp.2	4,88 %	3,55 %
	<i>Diapontia</i> sp.	30,68 %	20,35 %
	<i>Hogna paranensis</i>	1,03 %	0,16 %
	<i>Hogna poliostruma</i>	2,66 %	0,32 %
	<i>Schizocosa</i> sp.	6,72 %	1,29 %
	<i>Pardosa</i> sp.1	0,11 %	-----
OXYOPIDAE	<i>Oxyopes salticus</i>	4,17 %	2,58 %
PHILODROMIDAE	<i>Fageia</i> sp.	1,79 %	2,26 %
PISAURIDAE	<i>Thaumasia</i> sp.	0,22 %	-----
SALTICIDAE	<i>Arachomura</i> sp.	-----	0,32 %
	<i>Euophris</i> sp.	0,49 %	1,13 %
	<i>Helvetia</i> sp.	1,25 %	2,42 %
	<i>Metaphidippus</i> sp.	0,98 %	0,81 %
	<i>Parafluda</i> sp.	0,11 %	0,48 %
	<i>Pelegrina exigua</i>	2,6 %	3,72 %
	Morfo sp.1	0,49 %	-----
	Morfo sp.2	0,05 %	0,16 %
	<i>Thiodina</i> sp.	-----	0,65 %
TETRAGNATHIDAE	<i>Glenognatha lacteovittata</i>	4,93 %	5,17 %
THERIDIIDAE	<i>Dipoena</i> sp.	-----	0,32 %
	<i>Thymoites</i> sp.	2,76 %	6,95 %
THOMISIDAE	<i>Misumenops</i> sp.	4,17 %	1,45 %
	<i>Xysticus</i> sp.1	0,32 %	-----
TITANOECIDAE	<i>Goeldia</i> sp.	0,81 %	-----

Una vez presente el cultivo, seis especies que habitaban la vegetación adyacente durante la pre-siembra, invadieron el mismo. Cuatro de ellas pertenecían al estrato herbáceo (*Tasata* sp., *Alpaida versicolor*, *Wixia* sp., *Moyosi* sp.) y dos al suelo (*Schizocosa* sp. y *Goeldia* sp.). Por otra parte, la especie *Moyosi* sp. registrada en el área de vegetación adyacente, nunca colonizó el cultivo.

Las curvas de rarefacción indicaron una riqueza esperada de especies semejante en las dos áreas muestreadas, no existiendo diferencias significativas al haber solapamiento de los intervalos de confianza (Fig. 12).

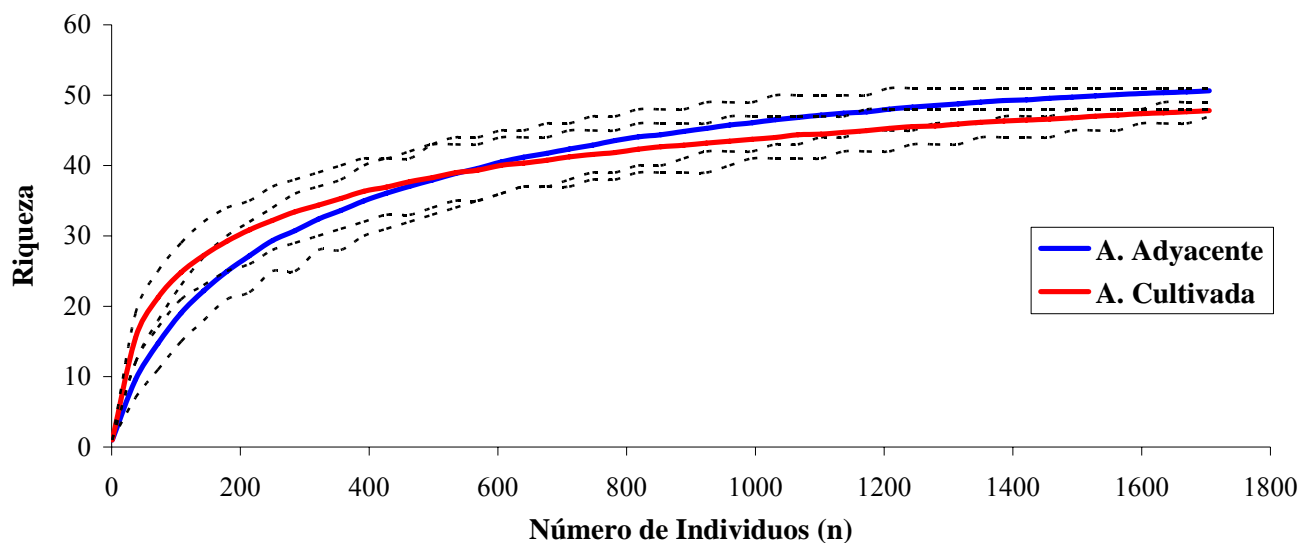


Fig. 12: Curvas de rarefacción de especies en cultivos en dos áreas de muestreo de soja de segunda siembra (Chivilcoy, Buenos Aires). Líneas punteadas indican los límites de confianza al 95%.

Las curvas que corresponden a los índices de riqueza no paramétricos (Chao 2, Jacknife de primer orden, Jacknife de segundo orden y Chao1), alcanzaron la asíntota más rápidamente en el área de vegetación adyacente, con un número significativamente menor de muestras que en el área cultivada (Fig. 13 y 14). Los estimadores no paramétricos indicaron que aún faltan registrar más especies para completar el inventario de arañas en el cultivo de soja de segunda que en el de vegetación adyacente.

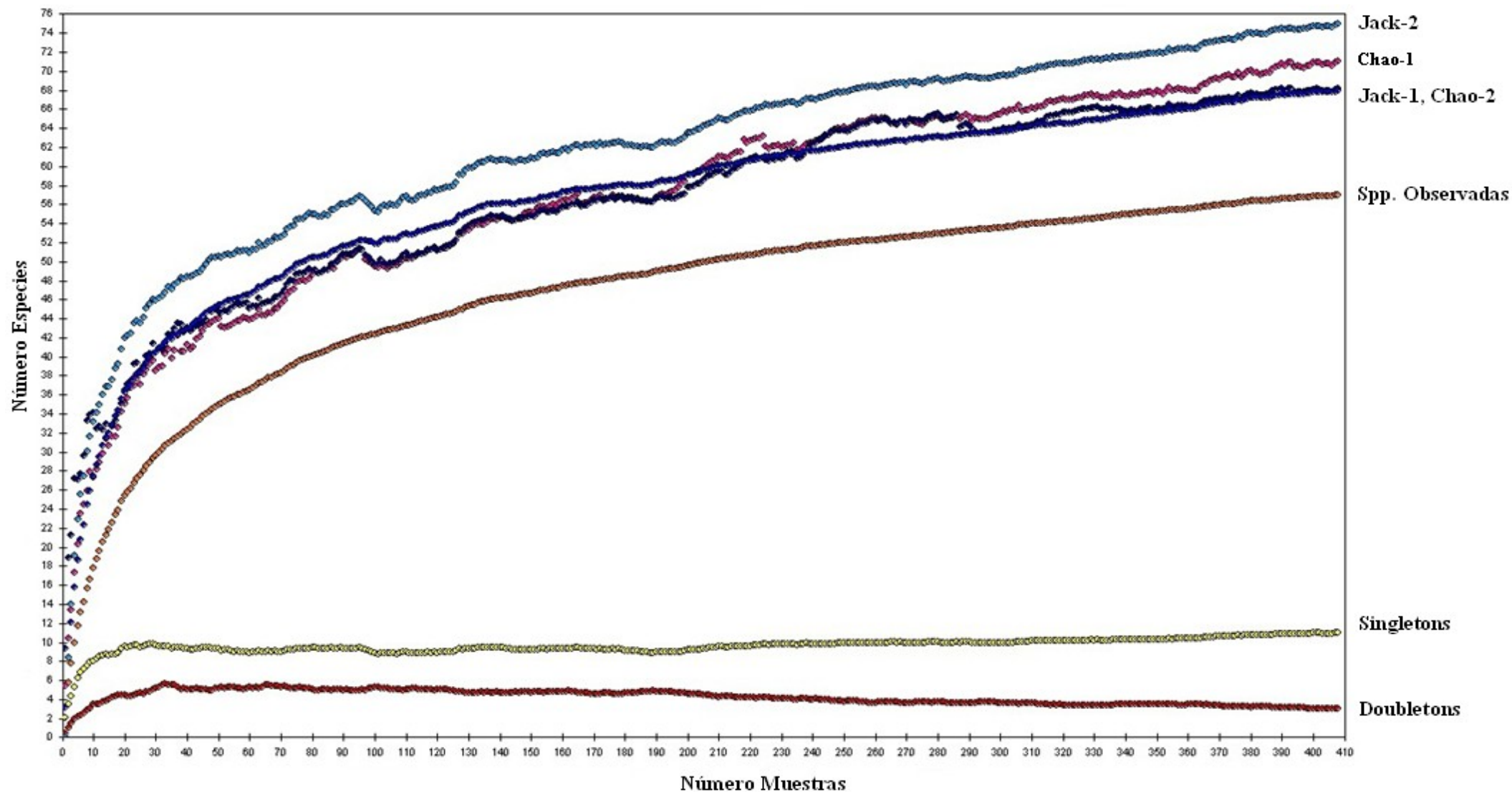


Fig. 13: Curvas de acumulación de especies de la riqueza observada y la riqueza estimada por los estimadores no paramétricos y curvas de *singletons* y *doubletons*, en el área cultivada de soja de segunda (Chivilcoy, Buenos Aires).



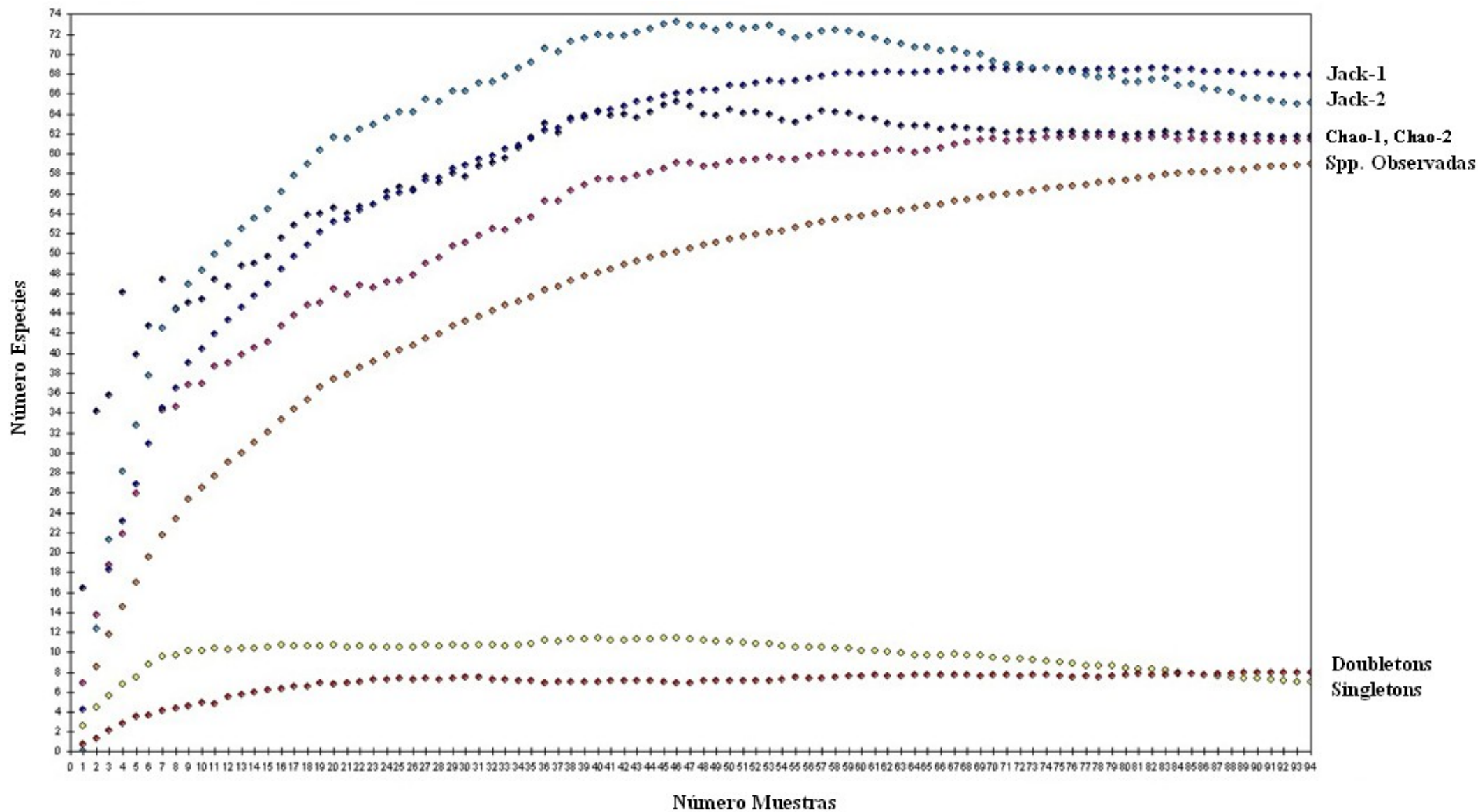


Fig. 14: Curvas de acumulación de especies de la riqueza observada y la riqueza estimada por los estimadores no paramétricos y curvas de *singletons* y *doubletons*, en el área de vegetación adyacente de soja transgénica de segunda (Chivilcoy, Buenos Aires).

En el área cultivada se registró un mayor número de *singletons* y un menor número de *doubletons* que en el área de vegetación adyacente. Los *singletons* fueron: *Argiope* sp., *Mecynogea* sp. (Araneidae); *Castianeira* sp. 2 (Corinnidae); *Asthenoctenus* sp. (Ctenidae); *Camillina* sp. (Gnaphosidae); *Liniphia* sp.1 (Linyphiidae); *Arachomura* sp., *Neonella* sp., Morfo sp.2 (Salticidae), en el cultivo. En el área de vegetación adyacente fueron: *Alpaida* sp., *Mecynogea* sp., *Wixia* sp. (Araneidae); *Ctenus cteniatus* (Ctenidae); *Camillina* sp. (Gnaphosidae); Morfo sp.2 (Salticidae) y *Xysticus* sp.1 (Thomisidae).

Las especies representadas por *doubletons* en el área cultivada fueron: *Leptiphantes* sp. (Linyphiidae) y *Achaeearanea* sp. (Theridiidae); mientras que en el área de vegetación adyacente fueron: *Argiope* sp. (Araneidae); *Asthenoctenus* sp. (Ctenidae); *Lepthyphantes* sp. (Linyphiidae); *Hogna paranensis*, *Hogna poliostruma* (Lycosidae); *Arachomura* sp. (Salticidae) y *Achaeearanea* sp., *Dipoena* sp. (Theridiidae).

Existió una mayor dominancia de especies en el cultivo de soja, y una mayor equidad de especies en el área de vegetación adyacente (Tabla 6). El índice de Margalef mostró una mayor diversidad en el área de vegetación adyacente, la cual fue corroborada por el índice de Shannon-Wiener ( $t = 4,14$ ;  $gl = 2377,7$ ;  $P < 0,001$ ).

Tabla 6: Estimadores de diversidad durante el período de cultivo de soja de segunda siembra en el área cultivada y en el área de vegetación adyacente (Chivilcoy, Buenos Aires).

	Área Cultivada	Área Adyacente
<b>Riqueza de Especies</b>	50	50
<b>CHAO 1</b>	71,09 ± 17,42	61,37 ± 3,09
<b>CHAO 2</b>	68,22 ± 12,47	61,79 ± 3,06
<b>Jack 1</b>	67,97 ± 3,26	67,90 ± 2,83
<b>Jack 2</b>	74,94 ± 0	65,09 ± 0
<b>Singletons</b>	9	7
<b>Doubletons</b>	2	8
<b>Simpson</b>	0,11991	0,06593

<b>Equidad de Pielou</b>	0,72154	0,83264
<b>Margalef</b>	6,51575	7,62278
<b>Shannon-Wiener</b>	2,82267	3,2573

▪ **Composición taxonómica, riqueza y diversidad de especies en el estrato herbáceo y en el suelo, en soja de segunda siembra**

Un 38,2% de las arañas recolectadas en el cultivo, representadas por 13 familias y 44 especies, se encontraron en el estrato herbáceo. El 61,8% restante se halló en el suelo, y estuvieron representadas por 16 familias y 36 especies. Las especies más numerosas, para el estrato herbáceo, fueron: *Tasata* sp. (Anyphaenidae), *Oxyopes salticus* (Oxyopidae), *Misumenops* sp. y *Alpaida veniliae* (Araneidae), y para el estrato suelo: *Diapontia* sp. (Lycosidae), *Schizocosa* sp. (Lycosidae) y *Glenognatha lacteovittata* (Tetragnathidae). Ambos estratos compartieron 29 especies (Tabla 7).

Tabla 7: Especies de arañas presentes durante el período de cultivo de soja de segunda (Chivilcoy, Buenos Aires). La abundancia relativa de cada especie se expresa en porcentaje del total recolectado.

<b>FAMILIAS</b>	<b>ESPECIES</b>	<b>Estrato Herbáceo</b>	<b>Estrato Suelo</b>
ANYPHAENIDAE	<i>Aysha</i> sp.1	1,56 %	-----
	<i>Aysha</i> sp.2	1,28 %	-----
	<i>Tasata</i> sp.	16,62 %	0,70 %
ARANEIDAE	<i>Alpaida veniliae</i>	8,81 %	0,44 %
	<i>Alpaida versicolor</i>	0,43 %	-----
	<i>Araneus lathyrinus</i>	0,43 %	-----
	<i>Argiope argentata</i>	0,85 %	-----
	<i>Argiope trifasciata</i>	0,57 %	-----
	<i>Larinia bivittata</i>	4,12 %	0,35 %
	<i>Mecynogea</i> sp.	0,14 %	-----
	<i>Metepeira</i> sp.	0,28 %	-----
	<i>Neoscona</i> sp.	0,43 %	-----
	<i>Wixia</i> sp.	0,713 %	-----
CORINNIDAE	<i>Castianeira gertschi</i>	0,57 %	-----
	<i>Castianeira</i> sp. 1	0,14 %	0,17 %
	<i>Meriola cetiformis</i>	1,28 %	0,09 %
	<i>Meriola</i> sp.	1,14 %	0,44 %
	<i>Trachelopachys</i> sp.	0,28 %	0,35 %

	<i>Castianeira</i> sp. 2	-----	0,09 %
CTENIDAE	<i>Asthenoctenus</i> sp.	-----	0,09 %
GNAPHOSIDAE	Morfo sp.1	0,43 %	0,09 %
	<i>Camillina</i> sp.	-----	0,09 %
HAHNIIDAE	<i>Antistea</i> sp.	3,55 %	4,29%
LINYPHIIDAE	<i>Lepthyphantes</i> sp.	0,14 %	-----
	<i>Meioneta</i> sp.	0,43 %	0,53 %
	<i>Microneta</i> sp.	0,85 %	0,53 %
	<i>Scolecurea</i> sp.1	3,41 %	0,88 %
	<i>Tutaibo</i> sp.1	0,14 %	0,09 %
LYCOSIDAE	<i>Allocosa</i> sp.1	1,28 %	6,57 %
	<i>Allocosa</i> sp.2	1,56 %	6,92 %
	<i>Diapontia</i> sp.	1,85 %	48,47 %
	<i>Hogna paranensis</i>	0,14 %	1,58 %
	<i>Hogna poliostruma</i>	0,28 %	4,12 %
	<i>Schizocosa</i> sp.	0,71 %	10,43 %
	<i>Pardosa</i> sp.1	-----	0,17 %
OXYOPIDAE	<i>Oxyopes salticus</i>	10,51 %	0,26 %
PHILODROMIDAE	<i>Fageia</i> sp.	4,26 %	0,26 %
PISAURIDAE	<i>Thaumasia</i> sp.	-----	0,35 %
SALTICIDAE	<i>Euophris</i> sp.	1,28 %	-----
	<i>Helvetia</i> sp.	2,69 %	0,35 %
	<i>Metaphidippus</i> sp.	2,27 %	0,17 %
	<i>Parafluda</i> sp.	0,28 %	-----
	<i>Pelegrina exigua</i>	6,53 %	0,17 %
	Morfo sp.1	1,14 %	0,09 %
	Morfo sp.2	0,14 %	-----
TETRAGNATHIDAE	<i>Glenognatha lacteovittata</i>	0,57 %	7,62 %
THERIDIIDAE	<i>Thymoites</i> sp.	5,54 %	1,05 %
THOMISIDAE	<i>Misumenops</i> sp.	10,08 %	0,53 %
	<i>Xysticus</i> sp.1	0,281 %	0,35 %
TITANOECIDAE	<i>Goeldia</i> sp.	-----	1,31 %

El estrato herbáceo mostró una mayor riqueza y diversidad de especies que el suelo (Tabla 8).

Tabla 8: Estimadores de diversidad en el cultivo de soja de segunda siembra discriminada por estratos (Chivilcoy, Buenos Aires).

	<b>Estrato Herbáceo</b>	<b>Estrato Suelo</b>
<b>Riqueza de especies</b>	44	36
<b>Margalef</b>	6,5581	4,82978
<b>Shannon-Wiener</b>	3,02545	2,00843

## POST-COSECHA

La riqueza fue de 31 y 32 especies en el rastrojo del cultivo de soja y en la vegetación adyacente, respectivamente (Tabla 9). El índice de Pielou indicó una mayor equidad en la vegetación adyacente (0,82) que en el rastrojo de soja (0,70), y el de Shannon-Wiener una diversidad de 2,85 y 2,49, respectivamente.

Tabla 9: Especies de arañas presentes en el período de post-cosecha en soja de segunda y en la vegetación adyacente al cultivo (Chivilcoy, Buenos Aires). La abundancia relativa de cada especie se expresa en porcentaje del total recolectado.

Familias	Especie	Área Cultivada	Área Adyacente
ANYPHAENIDAE	<i>Aysha</i> sp.1	-----	0,50 %
	<i>Aysha</i> sp.2	1,01 %	3,52 %
	<i>Morfo</i> sp.1	-----	2,01 %
	<i>Tasata</i> sp.	4,38 %	6,03 %
ARANEIDAE	<i>Alpaida</i> sp.	-----	0,50 %
	<i>Alpaida veniliae</i>	-----	1,00 %
	<i>Alpaida versicolor</i>	-----	1,00 %
	<i>Argiope</i> sp.	0,34 %	-----
	<i>Larinia bivittata</i>	0,34 %	1,00 %
CORINNIDAE	<i>Castianeira gertschi</i>	0,34 %	0,50 %
	<i>Castianeira</i> sp. 2	-----	1,51 %
	<i>Meriola cetiformis</i>	0,34 %	0,50 %
	<i>Meriola</i> sp.	2,36 %	1,00 %
	<i>Trachelopachys</i> sp.	0,34 %	0,50 %
HAHNIIDAE	<i>Antistea</i> sp.	19,86 %	3,52 %
	<i>Morfo</i> sp.1	-----	2,51 %
LINYPHIIDAE	<i>Meioneta</i> sp.	1,35 %	9,55 %
	<i>Microneta</i> sp.	3,03 %	2,51 %
	<i>Scolecurea</i> sp.1	3,03 %	-----
	<i>Scolecurea</i> sp.2	5,72 %	1,51 %
	<i>Tutaibo</i> sp.1	1,01 %	1,51 %
	<i>Tutaibo</i> sp.2	-----	4,02 %
	<i>Tutaibo</i> sp.3	-----	0,50 %
	<i>Morfo</i> sp.2	-----	0,50 %
	<i>Moyosi</i> sp.	-----	3,01 %
LYCOSIDAE	<i>Allocosa</i> sp.1	0,67 %	-----
	<i>Allocosa</i> sp.2	1,35 %	2,51 %
	<i>Diapontia</i> sp.	6,40 %	8,54 %
	<i>Pardosa</i> sp.1	-----	0,50 %
	<i>Schizocosa</i> sp.	2,36 %	-----
	<i>Hogna paranensis</i>	0,34 %	-----
OXYOPIDAE	<i>Oxyopes salticus</i>	9,43 %	9,55 %

PHILODROMIDAE	<i>Fageia</i> sp.	0,34 %	1,00 %
PISaurIDAE	<i>Thaumasia</i> sp.	0,34 %	-----
SALTICIDAE	<i>Euophris</i> sp.	0,67 %	-----
	<i>Helvetia</i> sp.	0,34 %	-----
	<i>Parafluda</i> sp.	0,34 %	-----
	<i>Pelegrina exigua</i>	7,74 %	-----
	Morfo sp.3	1,01 %	-----
TETRAGNATHIDAE	<i>Glenognatha lacteovittata</i>	7,41 %	5,53 %
THERIDIIDAE	<i>Achaearanea</i> sp.	0,34 %	1,00 %
	<i>Thymoites</i> sp.	15,49 %	22,11 %
THOMISIDAE	<i>Misumenops</i> sp.	2,02 %	-----
	<i>Xysticus</i> sp.1	-----	0,50 %

La mayor riqueza y diversidad de especies, en ambos sitios, se encontró en el período en que estuvo presente el cultivo. Las familias con mayor riqueza de especies fueron: Araneidae, Corinnidae, Linyphiidae, Lycosidae, y Salticidae. La familia Lycosidae fue la predominante en el cultivo de soja de segunda y en la vegetación adyacente, a todo lo largo del período muestreado, exhibiendo un descenso de su importancia relativa con otras especies en el período post-cosecha. En el período de pre-siembra las familias de arañas ausentes en comparación al período de cultivo, fueron Ctenidae y Thomisidae, mientras que en el período de post-cosecha lo fueron Ctenidae, Gnaphosidae y Titanoecidae.

Se observó que muchas especies estuvieron presentes en las dos áreas muestreadas, mientras que otras fueron exclusivas de la vegetación adyacente, dependiendo del período estudiado. *Moyosi* sp. (Linyphiidae) no estuvo presente en ningún período del área cultivada, *Dipoena* sp. (Theridiidae) sólo estuvo presente en el período de cultivo de la vegetación adyacente, mientras que *Aysha* sp.1 (Anyphaenidae) y *Alpaida versicolor* (Araneidae), no se registraron en los períodos de pre-siembra y post-cosecha del área cultivada (Tabla 4, 5 y 9).

### 2. 3. Análisis de la Diversidad Beta

En la pre-siembra, la similitud entre el rastreo de trigo y la vegetación adyacente no fue muy alta (*Jaccard* = 46,3%, *Sorensen* = 63,3%). Ambas áreas compartieron 17 especies, siendo las más abundantes: *Diapontia* sp., *Allocosa* sp.2 (Lycosidae), *Antistea* sp. (Hahniidae) y *Glenognatha lacteovittata* (Teragnathidae).

En el período de cultivo los índices de similitud alcanzaron los valores más altos (*Jaccard* = 70,6%, *Sorensen* = 82,8%). Ambas áreas compartieron 48 especies, siendo las más abundantes: *Diapontia* sp. (Lycosidae), *Antistea* sp. (Hahniidae), *Allocosa* sp.2 (Lycosidae), *Glenognatha lacteovittata* (Tetragnathidae) y *Oxyopes salticus* (Oxyopidae).

En el período de post-cosecha los índices de similitud entre las dos áreas fueron similares a los del período de pre-siembra, indicando una menor similitud en relación al período del cultivo (*Jaccard* = 43,5%, *Sorensen* = 60,6%). Compartieron 20 especies, siendo las más abundantes: *Thymoites* sp. (Theridiidae), *Antistea* sp. (Hahniidae) y *Oxyopes salticus* (Oxyopidae).

#### 2. 4. Estructura de gremios en soja de segunda siembra y área de vegetación adyacente

Las comunidades de arañas estructuraron nueve gremios en soja de segunda y ocho en la vegetación adyacente (Tabla 10).

Tabla 10: Familias de arañas pertenecientes a distintos gremios en el cultivo de soja de segunda siembra y la vegetación adyacente (Chivilcoy, Buenos Aires). La abundancia relativa de cada familia se expresa en porcentaje.

<b>GREMIOS DE ARAÑAS</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>Área Cultivada</b>	<b>Área Adyacente</b>
Tejedora tela orbicular	Araneidae	4,7 %	4,0 %
	Tetragnathidae	5,2 %	4,8 %
Tejedora tela irregular	Titanoecidae	0,8 %	-----
	Theridiidae	2,9 %	6,7 %
Tejedora tela irregular tipo sábana	Linyphiidae	3,1 %	15,7 %
Tejedora tela tipo sábana	Hahniidae	4,2 %	3,3 %
Cazadora por emboscada	Thomisidae	3,6 %	1,3 %
	Philodromidae	1,1 %	2,1 %
Cazadora al acecho	Salticidae	6,3 %	8,7 %
	Oxyopidae	3,2 %	2,4 %
Cazadora corredora en follaje	Anyphaenidae	8,2 %	10,1 %

Cazadora corredora en suelo	Lycosidae	54 %	32,5 %
	Corinnidae	2,1 %	7,5 %
	Gnaphosidae	0,3 %	0,4 %
	Ctenidae	0,1 %	0,4 %
Cazadora corredora sobre agua	Pisauridae	0,2 %	-----

Tanto en el área cultivada como en la vegetación adyacente, el gremio que se destacó por su abundancia relativa fue el de las **cazadoras corredoras en el suelo**, mientras que los restantes gremios no superaron, en general, el 15 % (Fig. 15). Como ya fuera mostrado en la figura 9, en soja de segunda, a este gremio le siguen en importancia las **tejedoras de tela orbicular** y las **cazadoras al acecho**, mientras que en la vegetación adyacente les sigue las **tejedoras de tela irregular tipo sábana**.

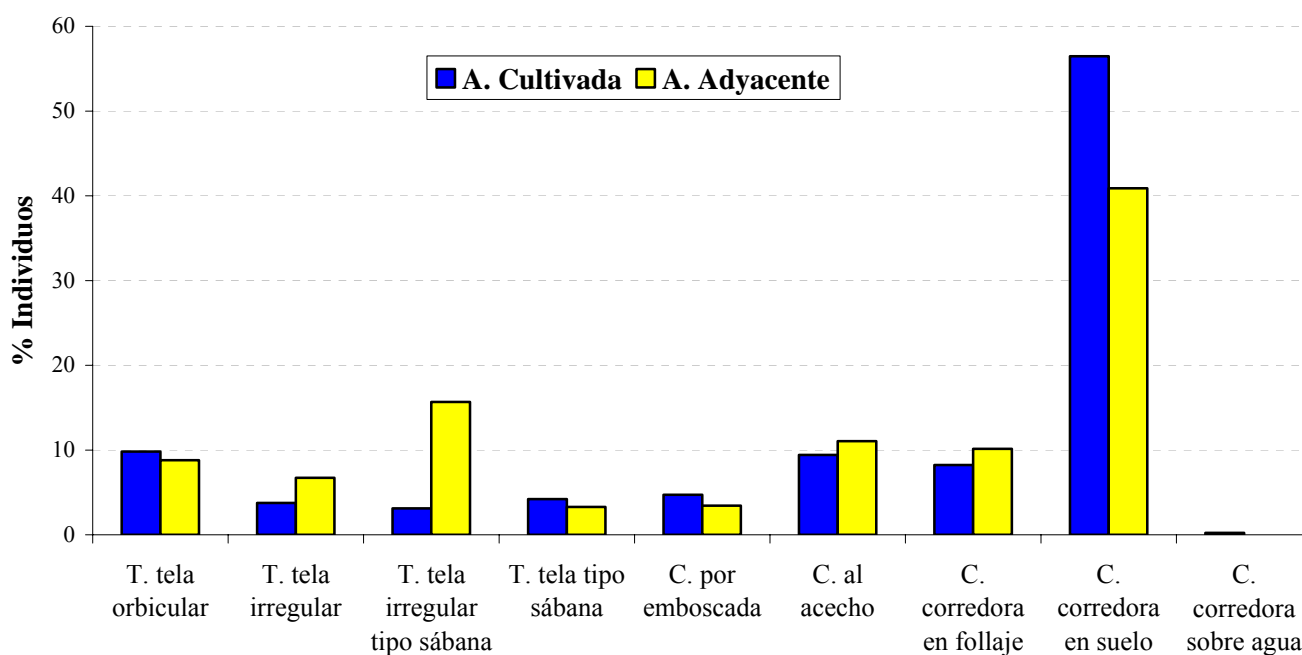


Fig. 15: Gremios de arañas en el cultivo de soja de segunda siembra y área de vegetación adyacente (Chivilcoy, Buenos Aires).

**I- Arañas tejedoras de tela orbicular.** *Alpaida veniliae* y *Glenognatha lacteovittata* fueron las especies más abundantes dentro de las familias Araneidae y Tetragnathidae, respectivamente.



**II- Arañas tejedoras de tela irregular.** Theridiidae fue la familia más abundante en ambas zonas, representada por la especie *Thymoites* sp.

**III- Arañas tejedoras de tela irregular tipo sábana.** En ambos sitios, aunque con mayor abundancia en la vegetación adyacente, este gremio estuvo representado solo por la familia Linyphiidae. *Microneta* sp. y *Meioneta* sp. fueron las especies más abundantes.

**IV- Arañas tejedoras de tela tipo sábana.** Hahniidae fue la única familia presente, representada por la especie *Antistea* sp.

**V- Arañas cazadoras por emboscada.** Thomisidae fue la familia dominante en el área cultivada, siendo *Misumenops* sp. la especie más abundante, mientras que la familia Philodromidae lo fue para el área de vegetación adyacente, y *Fageia* sp. fue la especie numerosa.

**VI- Arañas cazadoras al acecho.** Salticidae fue la familia numéricamente más importante en ambas zonas y *Pelegrina exigua* fue la especie más abundante.

**VII- Arañas cazadoras en follaje.** En ambos sitios este gremio estuvo representado por la familia Anyphaenidae y la especie más abundante fue *Tasata* sp.

**VIII- Arañas cazadoras corredoras en suelo.** Es el gremio compuesto por el mayor número de familias. La más numerosa, para ambos sitios, fue Lycosidae, destacándose la especie *Diapontia* sp.

**IX- Arañas cazadoras corredoras sobre agua.** Este gremio estuvo presente sólo en el área cultivada, representado por la familia Pisauridae con una sola especie, *Thaumasia* sp.

El gremio de las **cazadoras corredoras en el suelo** también presentó la mayor riqueza de especies y diversidad en el cultivo de soja de segunda, siguiendo en importancia el gremio de las **tejedoras de tela orbicular** (Tabla 11).

En el área de vegetación adyacente, el gremio de mayor riqueza específica fue también el de las **cazadoras corredoras en suelo**, mientras que el de mayor diversidad fue el de las **tejedoras de tela irregular tipo sábana** (Tabla 12).

Tabla 11: Estimadores de diversidad para los gremios de arañas en el cultivo de soja de segunda (Chivilcoy, Buenos Aires).

<b>GREMIOS AREA CULTIVADA</b>	<b>Riqueza Especies</b>	<b>Índice Margalef</b>	<b>Shannon- Wiener</b>
<b>I. Tejedora tela orbicular</b>	11	1,94051	1,43878
<b>II. Tejedora tela irregular</b>	2	0,23868	0,53596
<b>III. Tejedora tela irregular tipo sábana</b>	6	1,05376	1,02769
<b>IV. Tejedora tela tipo sábana</b>	1	-----	-----
<b>V. Cazadora por emboscada</b>	3	0,45261	0,65903
<b>VI. Cazadora al acecho</b>	8	1,36933	1,6402
<b>VII. Cazadora corredora en follaje</b>	3	0,40187	0,49611
<b>VIII. Cazadora corredora en suelo</b>	16	2,17337	1,49354
<b>IX. Cazadora corredora sobre agua</b>	1	-----	-----

Tabla 12: Estimadores de diversidad para los gremios de arañas en el área de vegetación adyacente al cultivo de soja de segunda (Chivilcoy, Buenos Aires).

<b>GREMIOS AREA ADYACENTE</b>	<b>Riqueza especies</b>	<b>Índice Margalef</b>	<b>Shannon- Wiener</b>
<b>I. Tejedora tela orbicular</b>	7	1,47148	1,34239
<b>II. Tejedora tela irregular</b>	2	0,2627	1,18182
<b>III. Tejedora tela irregular tipo sábana</b>	11	2,14871	2,17371
<b>IV. Tejedora tela tipo sábana</b>	1	-----	-----
<b>V. Cazadora por emboscada</b>	2	0,31893	0,66933
<b>VI. Cazadora al acecho</b>	9	1,85871	1,80629
<b>VII. Cazadora corredora en follaje</b>	3	0,47399	0,88792
<b>VIII. Cazadora corredora en suelo</b>	15	2,49415	1,39591

## DISCUSIÓN

Las familias de especies de arañas registrada en este estudio representan un 22,4% y 32,6%, para soja de primera y de segunda siembra, respectivamente, del total de familias de arañas (Araneae, Araneomorphae) citadas para la Argentina (Platnick, 2010).

Los estimadores de diversidad utilizados indicaron que el inventario de especies en soja de primera está más completo que en soja de segunda. De acuerdo a Jiménez-Velarde & Hortal (2003), cuando se realiza un inventario de especies, al principio se recolectan especies comunes y la adición de especies se produce rápidamente, por tanto la pendiente de la curva de acumulación de especies comienza a ser elevada. A medida que prosigue el muestreo son las especies raras, así como los individuos de especies provenientes de otros lugares, los que hacen crecer el inventario, por lo que la pendiente de la curva desciende. En ninguno de los trabajos en que se realizaron inventarios de arañas se consiguió registrar la totalidad de las especies, ya que las curvas de acumulación de especies suelen quedar por debajo de la asíntota de la curva obtenida con los estimadores no paramétricos de diversidad (Edwards, 1993; Samu & Lövei, 1995; Coddington *et al.*, 1996; Brennan *et al.*, 1999; Toti *et al.*, 2000; Sørensen *et al.*, 2002).

Entre las familias encontradas en ambos cultivos, se destacaron por su abundancia relativa, Lycosidae, Hahniidae, Tetragnathidae, Thomisidae, Anyphaenidae, y Araneidae, coincidiendo con lo reportado por otros autores en este cultivo (Culin & Yeargan, 1983; Molinari, 1987; Young & Edwards, 1990; Minervino, 1996; Liljesthröm *et al.*, 2002; Halaj *et al.*, 2000; Perafán & Flórez, 2004; Pearce *et al.*, 2005; Beltramo *et al.*, 2006).

Ambos cultivos, fundamentalmente la soja de segunda, exhibieron una alta diversidad de arañas. Los valores del índice de Margalef mayores a 5,0 indicaría una alta diversidad específica (Magurran, 1989). Los dos cultivos presentaron un grado de similitud alto, sobre todo el cuantitativo (80%), debido al gran número de especies compartidas (29 especies). No obstante, hay que aclarar que la mayor abundancia, riqueza y diversidad de arañas encontradas en el cultivo de soja de segunda con respecto al de primera, podría deberse, entre otras causas, al menor período muestreado en soja de primera, y a la distinta metodología de colecta utilizada. La mayor efectividad de captura del aspirador podría explicar, en parte, las diferencias encontradas.

De acuerdo a Turnbull (1973), la ocurrencia de juveniles y de adultos en el cultivo, fundamentalmente estos últimos sobre el suelo, indicaría que los mismos se reproducen en el campo de cultivo. La mayor proporción de machos adultos en relación a las hembras encontradas a nivel del suelo, podría deberse a su mayor movilidad durante la actividad sexual en búsqueda de las hembras, coincidiendo con lo encontrado por Costa *et al.* (1991), Pérez-Miles *et al.* (1999) y Benamú (2004). La mayor abundancia de juveniles en soja de segunda podría indicar la diferencia temporal en el desarrollo de las poblaciones de las especies de arañas que componen la comunidad de soja de segunda, la cual tiene distinta fenología por ser de siembra más tardía. La predominancia de Lycosidae y Linyphiidae en trampas “pitfall” en climas templados (Costa *et al.*, 1991), fue confirmada en este estudio. La primer familia se compone de arañas vagabundas y caminadoras de suelo, y la segunda construyen pequeñas telas tipo sábana muy cerca del suelo. Para Bishop & Riechert (1990) y Minervino (1996), estas familias son consideradas como los primeros colonizadores de campos cultivados. Las arañas cursoriales realizarían la colonización a corta distancia, mientras que a largas distancias se deberían a dispersiones aéreas, conocidos como “ballooning”, típicos de arañas juveniles (Liljeström *et al.*, 2002; Pearce *et al.*, 2004; Öberg *et al.*, 2008).

La gran coincidencia espacio-temporal entre las distintas especies de varias familias de arañas del estrato herbáceo y los principales herbívoros de la soja, sugerirían un potencial rol depredador de éstas sobre los herbívoros, algunos de ellos considerados plaga de este cultivo.

El área con vegetación adyacente al cultivo de soja de segunda, presentó una mayor diversidad vegetal y menor grado de disturbio que el cultivo, y si bien tuvo una riqueza de especies de arañas igual al cultivo de soja de segunda, alcanzó una mayor diversidad específica. La mayor diversidad en la vegetación adyacente que en el propio cultivo fue mencionada por diversos autores, atribuyendo esto a la existencia de fuentes alternativas de alimento o presas (Norris & Kogan, 2005, Bayram & Luf, 1993) o de refugio, desde donde pueden dispersarse a los sitios de cultivo (Minervino, 1996; Lemke & Poehling, 2002; Liljeström *et al.*, 2002; Schmidt & Tschardtke, 2005b; Öberg & Ekblom, 2006, Weyland, 2005). También Beltramo *et al.* (2006) señalaron que los márgenes del cultivo de soja podrían contribuir a la colonización del cultivo por parte de las arañas de hábitos aéreos, así como a la recolonización posterior a las aplicaciones de pesticidas u otros disturbios, actuando como zonas de refugio. La diversidad del paisaje es considerada como un factor importante en la determinación de

los ensambles de arañas (Isaia *et al.*, 2006). El incremento de la diversidad cuando se implementan bandas sin cultivos, intercultivos, “mulching”, siembra directa, o se tolera la presencia de ciertas malezas, ha sido reportado por Sunderland & Samu (2000).

En la presente investigación se observó que el rastrojo de trigo contribuyó con una cantidad relativamente importante de especies, fundamentalmente de las familias Lycosidae, Hahniidae y Tetragnathidae, presentes en el área al momento de sembrarse la soja. Luego de la siembra, al comenzar el desarrollo del cultivo y con la aparición de una importante fuente de alimento constituido por los herbívoros, fundamentalmente insectos que se alimentan de la soja, otras especies de arañas colonizaron el cultivo desde la vegetación adyacente. Estas estuvieron representadas por especies de la familia Araneidae, Lycosidae, Anyphaenidae, Titanoecidae, y Salticidae.

En la post-cosecha, en el rastrojo de soja, hubo una reducción en las familias registradas, siendo más drástica la disminución en el número de especies. Las familias más representadas en este período, fueron: Hahniidae, Theridiidae, Lycosidae y Oxyopidae. En la vegetación del área adyacente también se observó una reducción, aunque no tan marcada, de algunas familias y especies. Esta reducción en el área cultivada podría ser explicada por la muerte y/o migración de algunas especies luego de la cosecha, fundamentalmente las del estrato herbáceo. Si embargo, resulta más difícil de explicar en la vegetación adyacente la cual no fue disturbada. No obstante, este período correspondió al fin del otoño, con el consiguiente cambio en las condiciones climáticas, produciendo cambios fenológicos importantes en la vegetación natural, lo cual pudo haber influido sobre los estados activos de algunas especies de arañas.

A pesar de tratarse de un monocultivo, la estratificación existente proporcionó una gama amplia de hábitats, contribuyendo a la partición trófica y espacial de los nichos dentro de la trama trófica de las arañas, y a permitir la coexistencia de múltiples especies asociadas a presas similares. Las arañas registradas presentaron una estratificación vertical, conformando cuatro gremios a nivel del follaje, coincidiendo con lo hallado por Culin & Rust (1980), y cinco en la parte inferior de las plantas y el suelo. El 69% de los individuos recolectados estuvieron en la mitad inferior de las plantas y el suelo, coincidiendo con lo observado por Molinari & Minervino (2006).

Cabe aclarar que en el período 2006-2007 las lluvias superaron ampliamente los valores promedio durante los meses de febrero y marzo, causando inundación en algunos lugares de los sitios de muestreos. Esto puede haber sido el factor responsable de una elevada mortalidad de arañas a nivel global y del pronunciado descenso de la

abundancia registrado a campo. Además, esto podría haber afectado la precisión de los muestreos realizados, ya que algunas muestras de suelo fueron perdidas. El leve incremento de la abundancia observado durante mayo, previo a la cosecha, podría deberse a la recolonización desde áreas adyacentes, no inundadas.

De acuerdo a lo observado en este estudio, el cultivo de soja mantuvo comunidades de arañas de elevada diversidad específica. Esto podría estar relacionado con la estructura y complejidad del ambiente local, en el cual la vegetación natural adyacente a los campos de cultivo cumpliría el rol potencial de proporcionar refugio y fuentes de alimentación alternativa para las mismas, y desde donde algunas especies podrían colonizar el campo de cultivo. Esto permitirá aumentar la abundancia y diversidad de arañas dentro del cultivo, contribuyendo de esta manera con la mortalidad de algunas plagas.

## **CAPITULO II**

### **BIOLOGÍA Y PARÁMETROS POBLACIONALES DE *Alpaida veniliae* (ARANEAE, ARANEIDAE)**

## INTRODUCCIÓN

La araña tejedora orbicular *Alpaida veniliae* (Keyserling 1865) (Araneae, Araneidae) es una de las especies más abundantes de este gremio, en la comunidad de arañas que habita el estrato herbáceo del cultivo de soja en el área de estudio.

Si bien algunas especies del género *Alpaida* presentan una cierta selectividad de presas como por ejemplo *A. tuonabo* (Todd, 1983) y *A. variabilis* (Flores *et al.*, 2004), *A. veniliae* es un típico depredador polífago cuya importancia sobre poblaciones de insectos herbívoros en cultivos de arroz ha sido destacada por Uetz *et al.* (1999) y Saavedra *et al.* (2007).

En la Argentina, se han realizado estudios de desarrollo y de ciclos de vida de distintas arañas (Galiano, 1967, 1972; Galiano & Goloboff, 1996; González, 1979, 1982, 1984, 1987; González & Estévez, 1983, 1988; González *et al.*, 1997, 1998; Estévez *et al.*, 1984), pero muy pocos sobre arañas en agroecosistemas (Galiano, 1991; Minervino, 1993; Armendano, 2008; González *et al.*, 2009). En particular, no existe hasta el momento información sobre la biología y ecología de *A. veniliae*.

## OBJETIVO GENERAL

Determinar algunos aspectos de la biología y los parámetros poblacionales fundamentales de *Alpaida veniliae* en laboratorio.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las etapas y el tiempo de desarrollo de los estados post-embrionarios de *A. veniliae*.
- Determinar la longevidad, fecundidad y fertilidad de la hembra.
- Estimar la tasa reproductiva neta ( $R_0$ ), la tasa intrínseca de incremento ( $r$ ), el valor reproductivo ( $V_x$ ), y el tiempo generacional ( $T$ ).



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cría de *Alpaida veniliae*

A fin de disponer de una colonia en el bioterio para realizar los distintos ensayos, se recolectaron individuos juveniles y adultos de *A. veniliae* de cultivos de soja transgénica localizados en Chivilcoy (S: 35° 01' O: 60° 06', Buenos Aires, Argentina), desde enero a marzo de 2005. Los ejemplares se acondicionaron individualmente en cápsulas de Petri de 6 cm de diámetro por 1,5 cm de alto. Se formaron parejas con individuos adultos, que se colocaron en frascos de 500 ml, para permitir el apareamiento. Una vez obtenidas las ootecas se abrieron y la masa de huevos de cada una se acondicionó en forma individual en las cápsulas de Petri mencionadas. Los juveniles y adultos se alimentaron semanalmente *ad libitum* con *Drosophila melanogaster* y *Musca domestica*, respectivamente. Las condiciones de temperatura y humedad fueron  $25 \pm 2$  °C,  $75 \pm 5\%$  HR, y un fotoperíodo de 16:8 (L:O)h.

### 1. Desarrollo post-embriionario y longevidad del adulto

El desarrollo post-embriionario fue seguido desde la eclosión hasta el estado adulto. Los diferentes estados del desarrollo postembriionario fueron determinados siguiendo a Galiano (1991), que considera al primer estado de desarrollo intracoriónico y el desprendimiento de la cutícula embrional como la primera muda verdadera, dando origen al segundo estado. Las subsecuentes mudas y estados se numeraron sucesivamente.

Se disecaron 16 ootecas para extraer las masas de huevos para determinar el tiempo de desarrollo de los distintos estados postembrionarios. Las cápsulas de petri con las masas de huevos se colocaron en bandejas de poliestireno expandido (23,5 x 18,5 x 4 cm), con un algodón embebido en agua para mantener la humedad del ambiente interno. Las bandejas fueron selladas con un film transparente de polietileno, para evitar la contaminación de las masas de huevos con ácaros y hongos. Las mismas se mantuvieron en una cámara de cría a  $25 \pm 0,5$  °C de temperatura,  $75 \pm 5\%$  de humedad relativa y un fotoperíodo de 16:8 (L: O) h.

Se registraron los eventos de la muda y se estimó la duración en días de cada estado de desarrollo. Como fue imposible separar los huevos sin romperlos, se comenzó examinando directamente la masa completa de huevos bajo lupa binocular. La

observación fue diaria y se trabajó con 978 huevos pertenecientes a diferentes ootecas. Obtenido el estado libre (extraooteca) los juveniles se separaron individualmente y se mantuvieron en las cápsulas de petri hasta alcanzar el estado adulto. Se midió la longitud y ancho del cefalotórax de 50 individuos, desde el estado I hasta adulto (macho y hembra), usando un estereomicroscopio con ocular micrométrico. Para poder medir los estados I y II, se sumergieron algunas masas de huevos en glicerina líquida para transparentar las membranas, y se seleccionaron al azar individuos para su medición.

### **Análisis estadístico**

El análisis de la duración de los distintos estados de desarrollo y del tamaño de los individuos de ambos sexos se realizó mediante Análisis de la Varianza (ANOVA) de una vía. La duración de los estados (en días), y el tamaño (mm) fueron consideradas las variables de respuesta y los estados de desarrollo y sexo las variables predictoras. Las medias fueron comparadas mediante la diferencia mínima significativa (LSD). Cuando los supuestos del ANOVA no se cumplieron, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para todos los análisis estadísticos se utilizó un nivel de significancia de  $P < 0,05$  (STATGRAPHICS Centurion XV, versión 15.2.05).

## **2. Fecundidad y fertilidad**

En base a 22 parejas, aleatoriamente se determinó:

- Número de días (media  $\pm$  DE) desde la cópula hasta la primera oviposición.
- Número (media  $\pm$  DE) de ootecas por hembra.
- Número (media  $\pm$  DE) de huevos por ooteca.
- Fecundidad: número de huevos (media  $\pm$  DE) por hembra, durante toda su vida.
- Fertilidad: Porcentaje (media  $\pm$  DE) de huevos eclosionados por hembra, durante toda su vida.
- Longevidad de hembras y machos adultos.

## **3. Parámetros poblacionales**

Los parámetros poblacionales se estimaron a partir de tres tablas de vida por edad de tres cohortes obtenidas en el laboratorio.

Debido a que los tres primeros estados de desarrollo son intraooteca, las tablas de vida se iniciaron a partir del estado IV (primer estado libre), luego de la dispersión.

Los juveniles (“spiderlings”) pertenecientes a tres ootecas diferentes fueron colocados individualmente en cápsulas de Petri (6 cm diámetro por 1,5 cm de alto) con algodón húmedo en el fondo y alimentados con *Drosophila melanogaster*. Los individuos subadultos y adultos se alimentaron con *Musca domestica*.

Para calcular el número inicial de huevos de cada cohorte, el número de “spiderlings” fue corregido teniendo en cuenta el porcentaje promedio de eclosión de los huevos. De esta manera cada cohorte tuvo un número inicial de 897, 429 y 483 huevos.

El seguimiento de la supervivencia de cada cohorte fue realizado una vez por semana hasta la muerte de todos los individuos. El sexo de los individuos se pudo determinar en el estado VIII. Se estimó la supervivencia (proporción de hembras vivas a la edad ( $x$ ) con relación al número inicial) y la fecundidad (número medio de descendencia hembra producida por hembra de edad ( $x$ )) específicas por edad ( $x$ ) de cada cohorte. La proporción sexual [macho/ (macho + hembra)] fue calculada desde el cuarto estadio juvenil hasta el estado adulto y este valor fue usado para corregir los valores de supervivencia específica por edad desde el nacimiento, asumiendo que la proporción de sexos fue similar desde el nacimiento hasta el estado VIII. Tres hembras sobrevivientes de cada cohorte fueron seleccionadas al azar y apareadas con un macho, individualmente, para estimar la fecundidad específica por edad. Se graficaron las curvas de supervivencia ( $l_x$ ) y de fecundidad ( $m_x$ ), tomando como unidad de tiempo para las clases de edad, una semana.

Los parámetros demográficos fueron calculados según Gotelli (2001):

La tasa reproductiva neta ( $R_0$ ), es el número promedio de descendencia hembra producida por hembra por generación.

$$R_0 = \sum_{x=0}^n l_x m_x \quad [1]$$

La tasa intrínseca de incremento ( $r$ ), es el número promedio de la descendencia hembra producido por hembra por unidad de tiempo.

$$r \approx \frac{\ln R_0}{T} \quad [2]$$

Tiempo generacional ( $T$ ), es la edad media de los padres de toda la descendencia producida por una cohorte.

$$T = \frac{\sum_{x=0}^n x l_x m_x}{R_0} \quad [3]$$

El Valor reproductivo ( $V_x$ ), es la contribución a la futura población que hará una hembra de edad  $x$ . Se midió en forma relativa a la primera edad, la cual es considerada igual a 1.

$$V_x = \frac{e^{rx}}{l_x} \sum_{y=x+1}^n e^{-ry} l_y m_y \quad [4]$$

Donde  $x$  es la clase de edad y  $n$  la clase de edad más vieja.

## RESULTADOS

### Ooteca

La ooteca de *Alpaida veniliae* es amarilla y con forma de domo (Fig.16). Presenta tres capas de fibras de hilo que rodean a la masa de huevos y que la aísla del exterior. Según Gheysens *et al.* (2005) la misma consta de:

- Un disco basal con hilos de anclaje que forman una copa sujeta al sustrato.
- Una capa de fibras que envuelven a la masa de huevos recién colocados, los cuales quedan en una cámara.
- Una capa exterior con fibras más gruesas, que aísla a la cámara de huevos del exterior y que se sujeta al sustrato periféricamente.

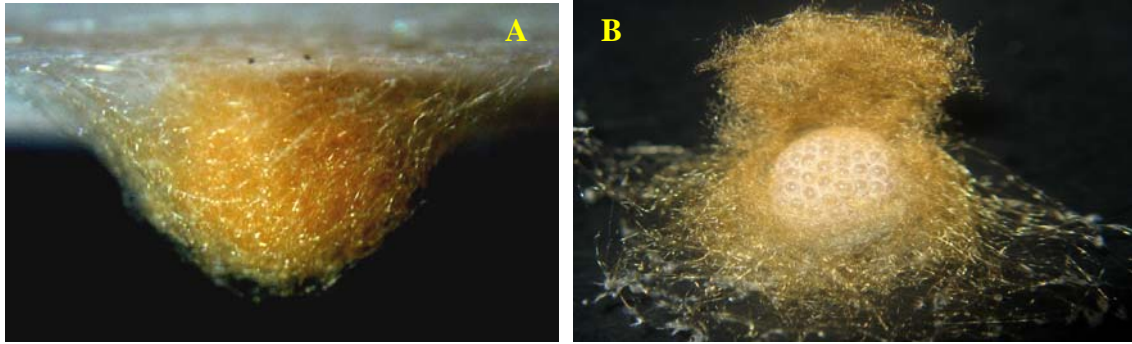


Fig. 16: Ooteca de *Alpaida veniliae*. A: vista externa, B: vista interna.

La masa de huevos (Fig. 17) es de color rosa y los mismos están unidos por una sustancia cementante que coloca la hembra durante la oviposición. Esta sustancia se solidifica con el tiempo, manteniendo unidos a todos los huevos, se van oscureciendo a medida que se desarrollan. La masa de huevos midió (media  $\pm$  DE)  $3,82 \pm 1,1$  mm de longitud y  $3,23 \pm 0,7$  mm de ancho, y el tamaño promedio del huevo fue de  $0,94 \pm 0,03$  mm de longitud y  $0,78 \pm 0,03$  mm de ancho.

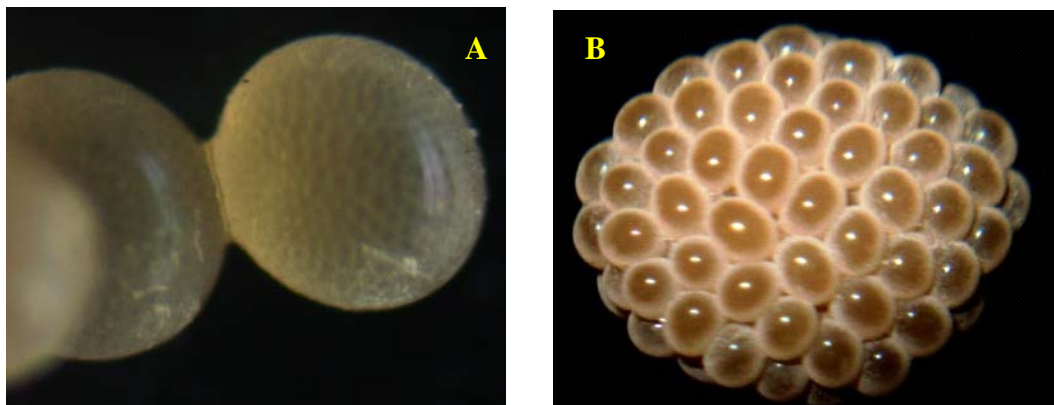


Fig. 17: Huevos de *Alpaida veniliae*. A: detalle de huevo con sustancia cementante recién colocada por la hembra, B: masa de huevos unidos por sustancia cementante.

## 1. Desarrollo post-embrionario y longevidad del adulto

La eclosión ocurrió en dos pasos dentro de la ooteca. A los pocos días de la oviposición, comienza la eclosión con la ruptura del corion a la altura de los dientes de eclosión, surgiendo así el primer estado de desarrollo que es intracoriónico e intraooteca. La araña permaneció envuelta por la cutícula embrionaria provista de los dientes de eclosión. El cuerpo doblado en ángulo recto con las patas plegadas bajo el prosoma, no presentó ninguna segmentación visible en las mismas (Fig. 18). La ruptura de la membrana coriónica tuvo lugar a los  $6,33 \pm 0,5$  (media  $\pm$  DE) días después de la oviposición.

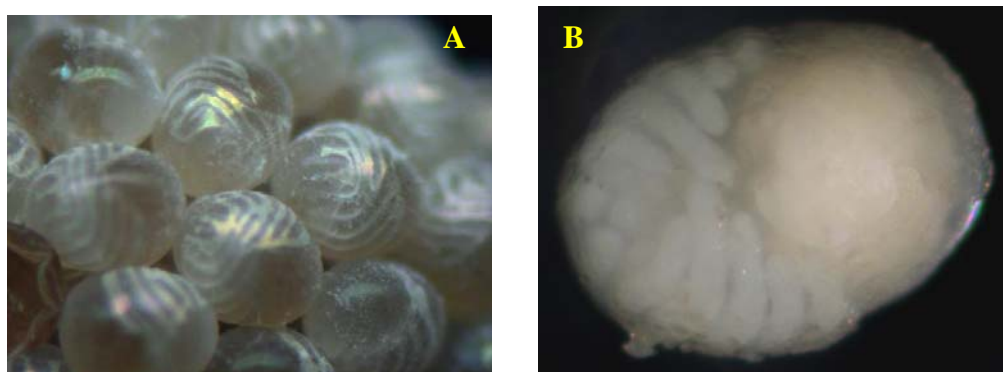


Fig. 18: Estado I intracoriónico de *Alpaida veniliae*. A: vista general, B: detalle del primer estadio con membranas transparentadas.

Durante el segundo paso, aproximadamente a las 24 horas de la ruptura del corion, se produjo la rajadura de la cutícula embrional (Fig. 19), la que se desprendió y arrastró consigo las envolturas del huevo y los dientes de eclosión (primera muda), que quedaron acumulados en el ápice del abdomen. Finalizada la eclosión surgió el segundo estado de desarrollo (intraooteca). La postura del cuerpo fue semejante al estado anterior, siendo visible la superficie dorsal del prosoma, parte del opistosoma, los quelíceros y la base de las patas y palpos (Fig. 20).

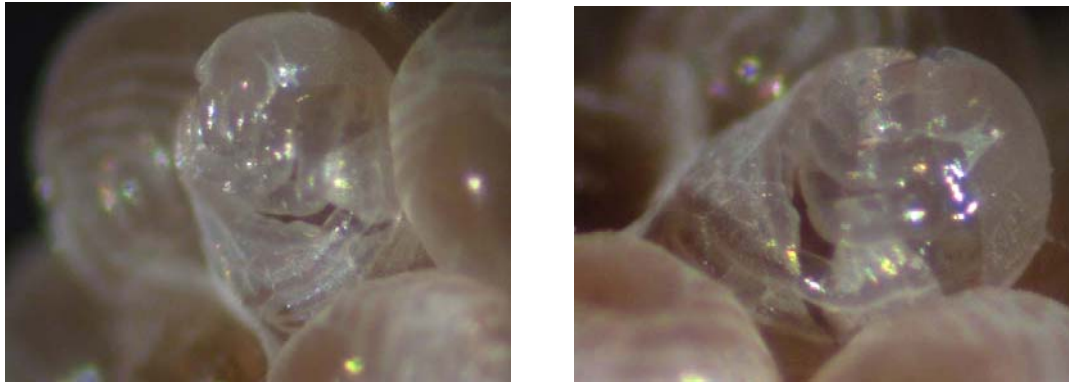


Fig. 19: Rajadura de la cutícula embrionaria de *Alpaida veniliae*.

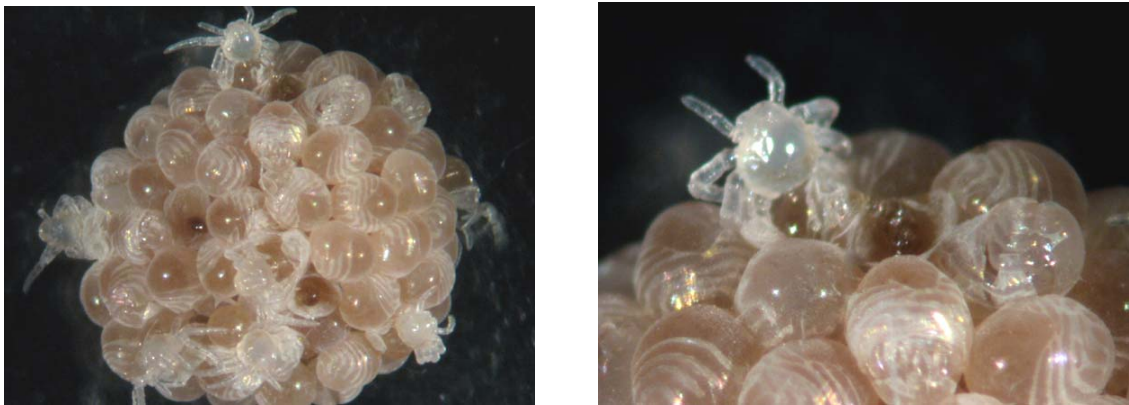


Fig. 20: Estado II de *Alpaida veniliae*.

Posteriormente, a los  $5,33 \pm 0,5$  (media  $\pm$  DE) días, comienzan una serie de movimientos repetidos que finalizaron con la segunda muda, dando el tercer estado (intraooteca) (Fig. 21). El prosoma y el opistosoma estuvieron en el mismo plano y las patas dirigidas hacia los lados, con esbozos de segmentación en la articulación trocánter-fémur, apoyaron en el suelo y le permitieron una limitada movilidad. No se observó ningún tipo de pigmentación ni pelos, sólo la pigmentación de los ojos rudimentarios de color rojo (Fig. 21). Dentro de la ooteca quedaron los restos de las mudas (Fig. 22).



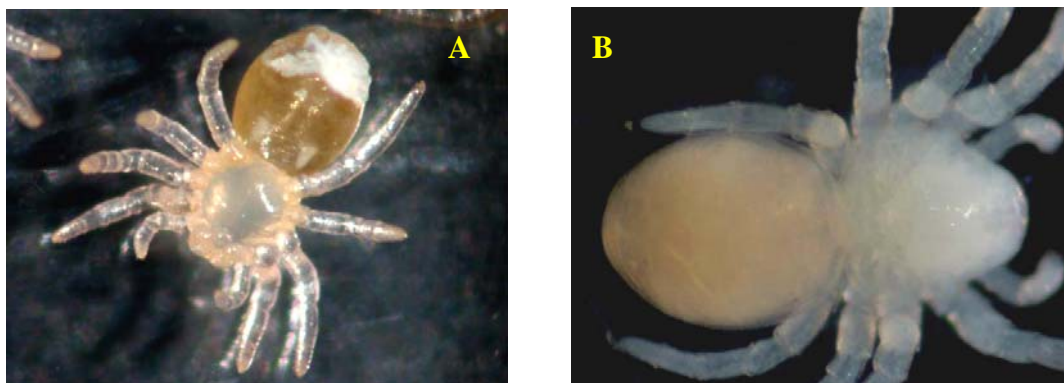


Fig. 21: Estado III de *Alpaida veniliae*. A: con restos de membranas en la parte posterior del abdomen, B: sin restos de membranas.

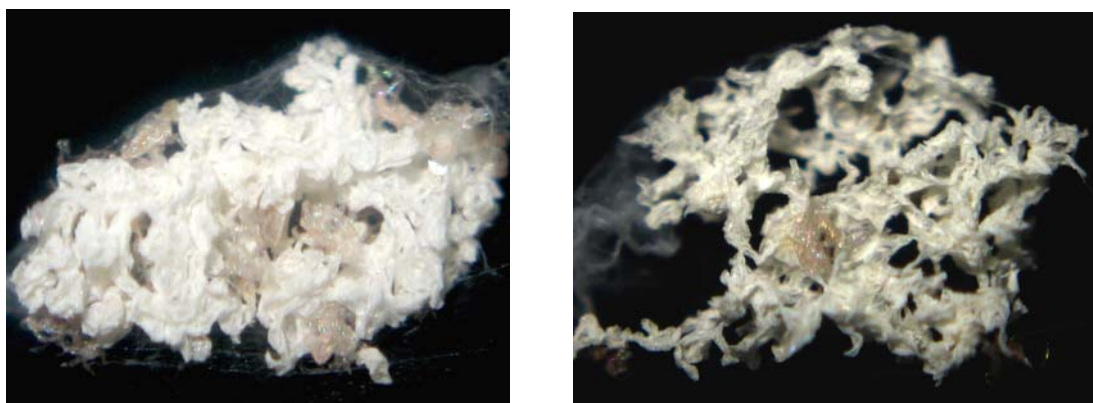


Fig. 22: Restos de la primera y segunda muda dentro de la ooteca de *Alpaida veniliae*.

Con el correr de las horas se comenzó a ver por transparencia, los pelos y pigmentación del estado siguiente. De forma similar a la segunda muda, se produjo la tercer muda a los  $21,19 \pm 9,8$  (media  $\pm$  DE) días. Al finalizar la misma surgió el cuarto estado de desarrollo que presentó pelos, apéndices segmentados, uñas tarsales, pigmentación en los ojos e hileras funcionales, lo que le permitió tejer tela y capturar su propio alimento (Fig. 23). El estado IV permaneció un corto tiempo dentro de la ooteca y luego se dispersó, resultando el primer estado libre (extraooteca).



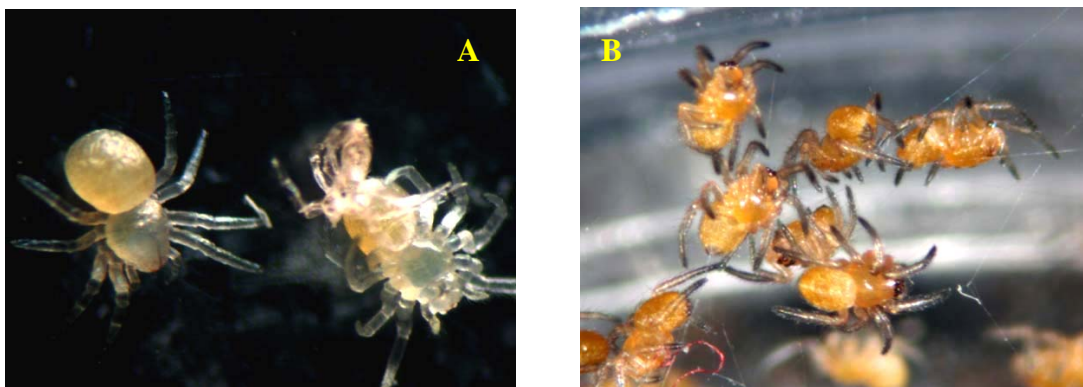


Fig. 23: Estado IV de *Alpida veniliae*. A: mudando a Estado IV, B: Estado IV fuera de la ooteca.

El estado IV presentó el color del abdomen y la apariencia del adulto. Los cambios en la quetotaxia fueron marcados en los estados consecutivos, principalmente el aumento de las setas y macrosetas sobre y debajo de las patas.

La diferenciación sexual es observada en el estado VIII (subadultos). Las hembras presentan nueve estados inmaduros y los machos ocho (Fig. 24). Después de la última muda, los adultos, particularmente el macho, adquieren varias macrosetas a nivel del fémur de las patas III.

El tiempo de desarrollo de juveniles y adultos de ambos sexos de *A. veniliae* se muestra en la Tabla 13. Hubo una gran variación en la duración de los diferentes estados juveniles ( $H = 5212,62$ ;  $P = 0,001$ ). Los tres primeros se desarrollaron más rápidamente que los restantes, siendo particularmente notoria la gran duración del estado VIII del macho. La longevidad de la hembra fue significativamente mayor que la del macho ( $H = 57,43$ ;  $P = 0,001$ ), al igual que la duración promedio de toda su vida, desde el estado I hasta su muerte como adulta ( $F_{1, 78} = 105$ ;  $P < 0,001$ ).

En la Figura 24 se representa el desarrollo postembrionario completo de *A. veniliae*, indicando en días la duración de los distintos estados.

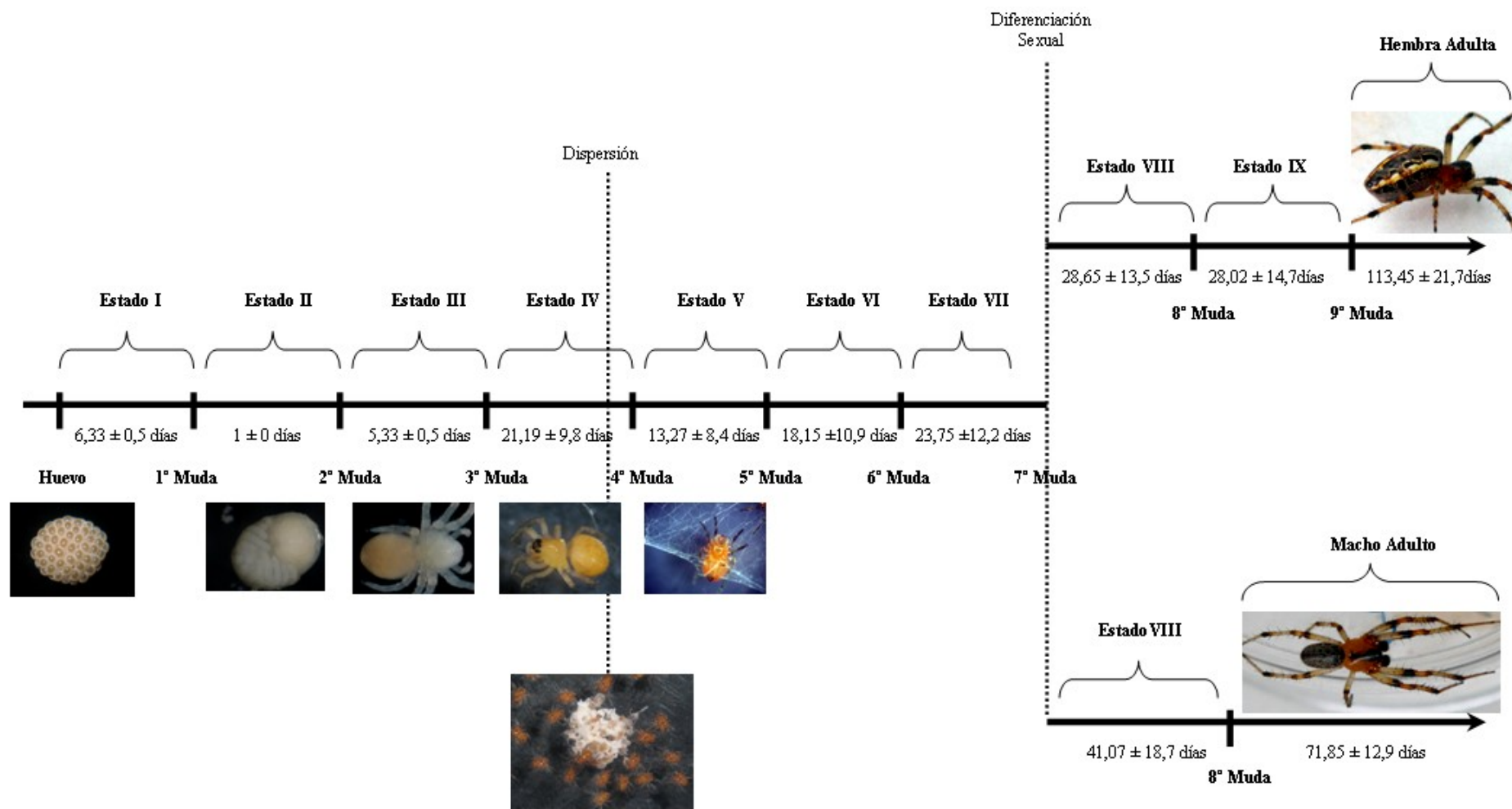


Fig. 24: Estados de desarrollo de *Alpaida veniliae*, en laboratorio.

Tabla 13: Tiempo de desarrollo de estados juveniles y adultos de *Alpaida veniliae*.

Diferencias significativas entre medias dentro de cada columna se indican con letras diferentes.

Estados	Media $\pm$ DE (días)	n
Estado I	6,33 $\pm$ 0,5 (a)	978
Estado II	1,00 $\pm$ 0,0 (b)	978
Estado III	5,33 $\pm$ 0,5 (c)	976
Estado IV (spiderlings)	21,19 $\pm$ 9,8 (d)	965
Estado V	13,27 $\pm$ 8,4 (e)	768
Estado VI	18,15 $\pm$ 10,9 (d)	637
Estado VII	23,75 $\pm$ 12,2 (f)	508
Estado VIII Hembra	28,65 $\pm$ 13,5 (g)	139
Estado VIII Macho	41,07 $\pm$ 18,7 (h)	89
Estado IX Hembra	28,02 $\pm$ 14,7 (g)	58
Longevidad Hembra Adulta	113,45 $\pm$ 21,7 (i)	40
Longevidad Macho Adulto	71,85 $\pm$ 12,9 (j)	40
Duración de Vida Total ( Hembra)	255,87 $\pm$ 27,63	40
Duración de Vida Total (Macho)	194,12 $\pm$ 26,25	40

El tamaño del cefalotórax de los estados juveniles y adultos se muestra en la Tabla 14. El estado I fue imposible de medir debido a que estuvo envuelto por las membranas del huevo. La longitud del cefalotórax no difirió desde el estado II hasta el estado V, y se incrementó desde el estado VII hasta el adulto ( $H = 475,90$ ;  $P = 0,001$ ). El ancho del cefalotórax fue menor en el estado II, se mantuvo semejante desde el estado III hasta el estado VI y se incrementó desde el estado VII hasta el adulto ( $H = 466,84$ ;  $P = 0,001$ ). Tanto la longitud ( $H = 24,75$ ;  $P = 0,001$ ) como el ancho ( $H = 78,24$ ;  $P = 0,001$ ) del cefalotórax de la hembra adulta fueron mayores que los del macho.

Tabla 14: Tamaño del cefalotórax de los distintos estados juveniles y adultos de *Alpaida veniliae*. Diferencias significativas entre medias dentro de cada columna se indican por letras diferentes.

Estados	Longitud (media $\pm$ DE) mm n = 50	Ancho (media $\pm$ DE) mm n = 50
Estado II	0,55 $\pm$ 0,00 (a)	0,31 $\pm$ 0,02 (a)
Estado III	0,55 $\pm$ 0,01 (a)	0,40 $\pm$ 0,02 (b)
Estado IV (spiderlings)	0,55 $\pm$ 0,02 (a)	0,41 $\pm$ 0,03 (b)
Estado V	0,56 $\pm$ 0,01 (a)	0,42 $\pm$ 0,02 (b)
Estado VI	0,68 $\pm$ 0,07 (b)	0,42 $\pm$ 0,03 (b)
Estado VII	1,24 $\pm$ 0,18 (c)	0,62 $\pm$ 0,06 (c)
Estado VIII Macho	1,95 $\pm$ 0,10 (d)	1,10 $\pm$ 0,05 (d)
Estado VIII Hembra	2,21 $\pm$ 0,06 (e)	1,26 $\pm$ 0,10 (e)
Macho Adulto	2,23 $\pm$ 0,08 (e)	1,32 $\pm$ 0,15 (g)
Hembra Adulta	2,33 $\pm$ 0,10 (f)	1,88 $\pm$ 0,11 (f)

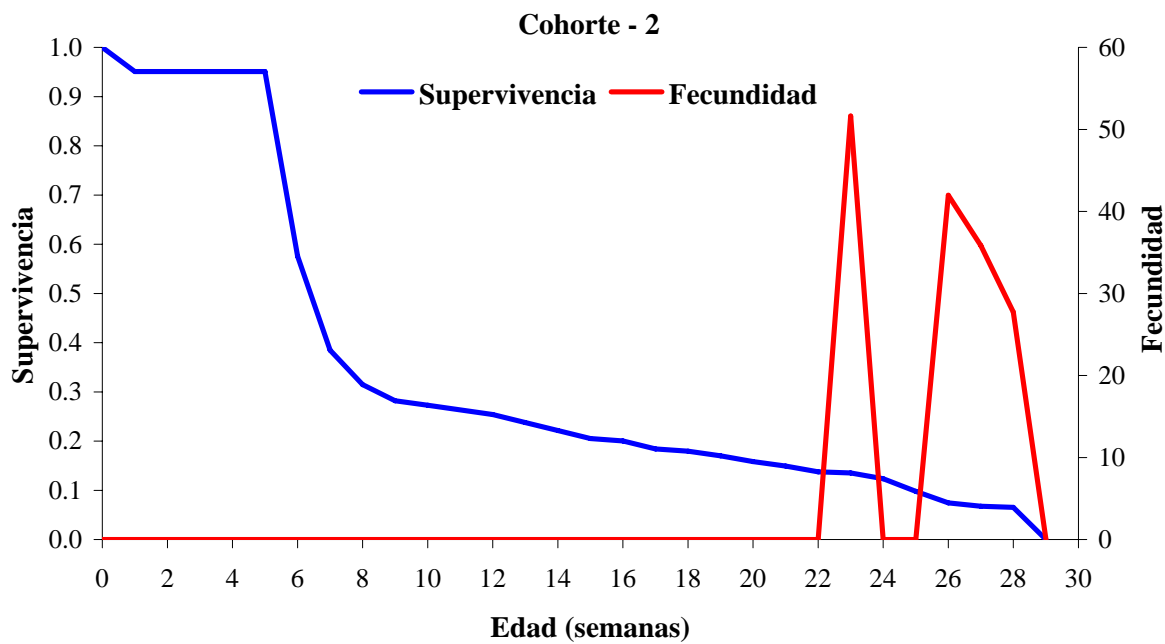
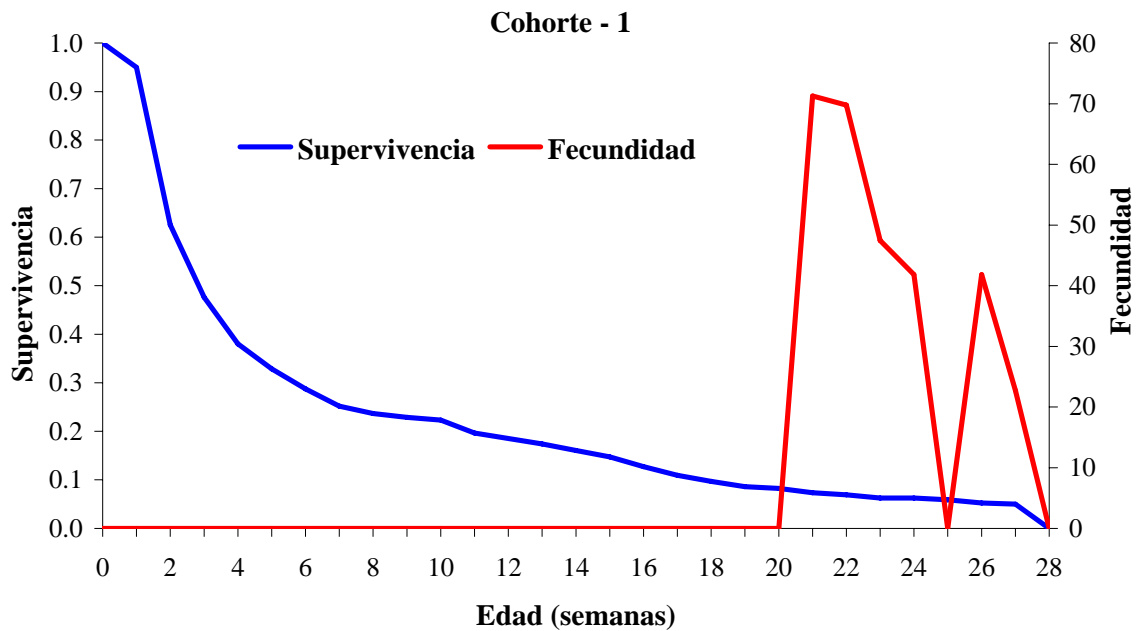
## 2. Fecundidad y fertilidad

Después de  $6,7 \pm 2,6$  (media  $\pm$  DE) días de la cópula, la hembra realizó la primera oviposición. La fecundidad promedio de la hembra fue de  $740,91 \pm 329,16$  huevos (n= 22). El número promedio de ootecas depositadas por una hembra fue de  $4,59 \pm 2,04$  (n= 22), y el número promedio de huevos por ooteca fue de  $161,39 \pm 32,17$  (n= 19). El porcentaje de huevos eclosionados fue del 95,02%.

## 3. Parámetros poblacionales

Las curvas de supervivencia específica por edad mostraron algunas diferencias entre las cohortes (Fig. 25). En la cohorte 1 hubo una marcada disminución durante las primeras cuatro semanas de vida, indicando una mortalidad inicial alta. La supervivencia en las cohortes 2 y 3 permaneció alta durante las primeras seis semanas y después sufrió un decrecimiento pronunciado. Desde este momento, los esquemas de

supervivencia fueron bastante similares, declinando gradualmente hasta llegar a cero entre la semana 28 y 29.



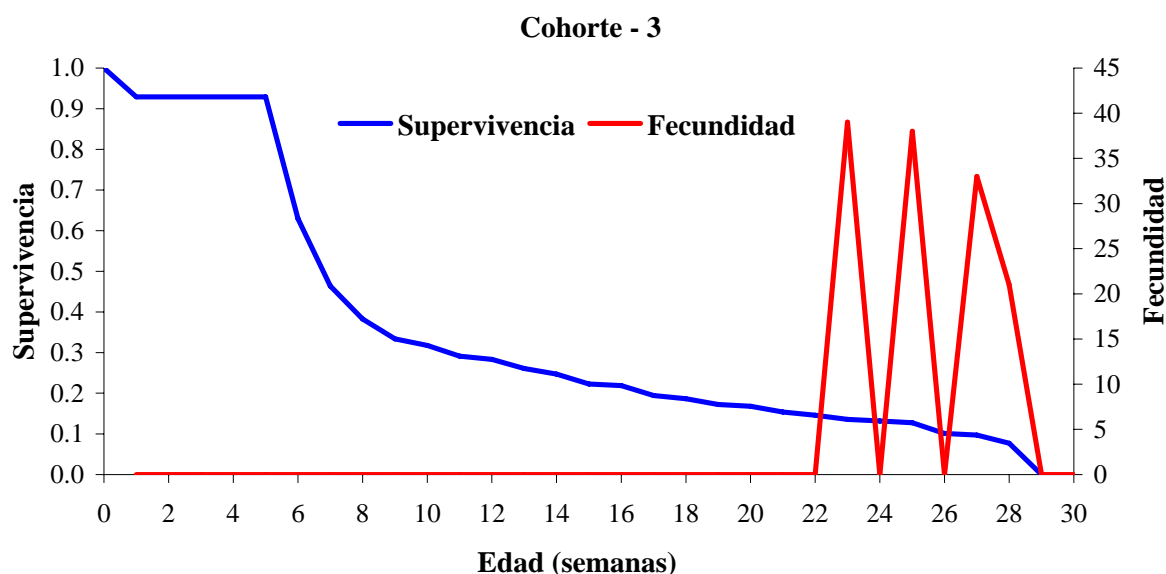


Fig. 25: Supervivencia específica por edad y fecundidad (huevos / hembra) de tres cohortes de *Alpaida veniliae*, en laboratorio.

La supervivencia de las cohortes fue de aproximadamente un 10 a 15% en el momento de empezar la oviposición. Las curvas de fecundidad exhibieron 2 o tres picos, alcanzando la máxima fecundidad entre las semanas 21 a 23.

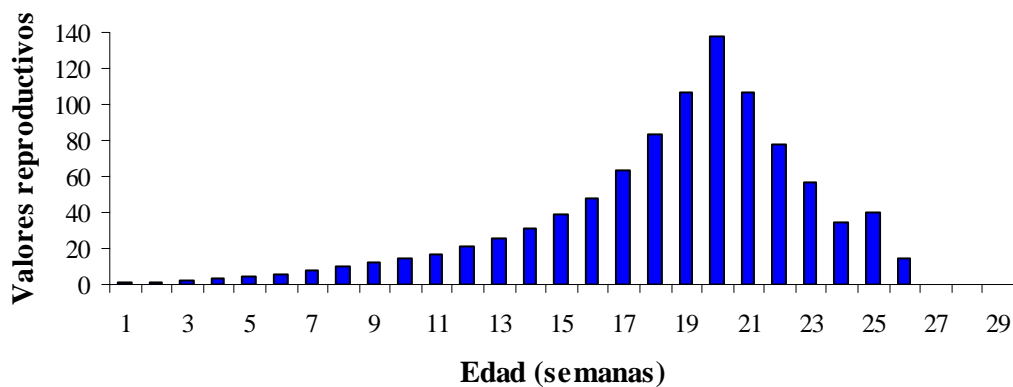
Los parámetros poblacionales de las cohortes indicaron una capacidad relativamente importante para el crecimiento (Tabla 15). El tiempo generacional varió aproximadamente entre 19 y 24 semanas, y la proporción sexual difirió entre las cohortes, siendo sesgada hacia las hembras en las tres cohortes, aunque más uniforme en la cohorte 3.

Tabla 15. Parámetros poblacionales de *Alpaida veniliae*, en laboratorio.

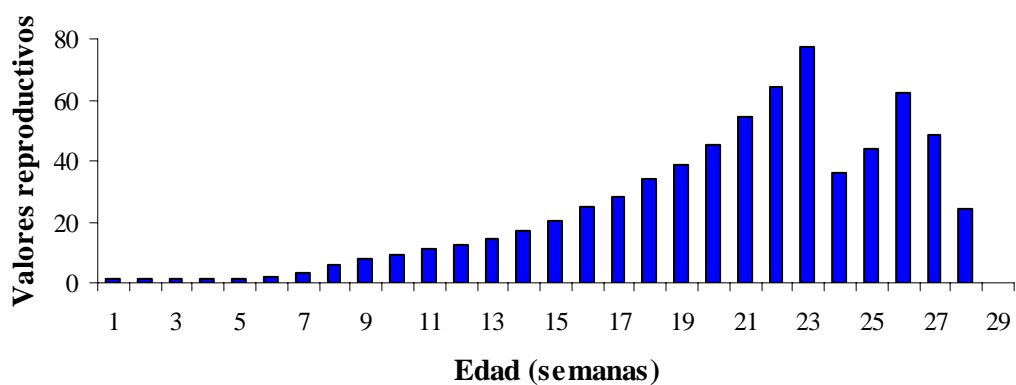
Cohorte	$R_0$	$r$	$T$ (semanas)	Proporción Sexual
1	30,25	0,14	24,15	0,37 : 1
2	30,35	0,19	18,16	0,49 : 1
3	28,87	0,18	19,10	0,85 : 1
Promedio $\pm$ DE	29,82 $\pm$ 0,83	0,17 $\pm$ 0,02	20,47 $\pm$ 3,22	-----

Los valores reproductivos máximos (Fig. 26) se encontraron a las edades de 20, 23 y 24 semanas de vida de la hembra, en las cohortes 1, 2 y 3, respectivamente.

### Cohorte - 1



### Cohorte - 2



### Cohorte - 3

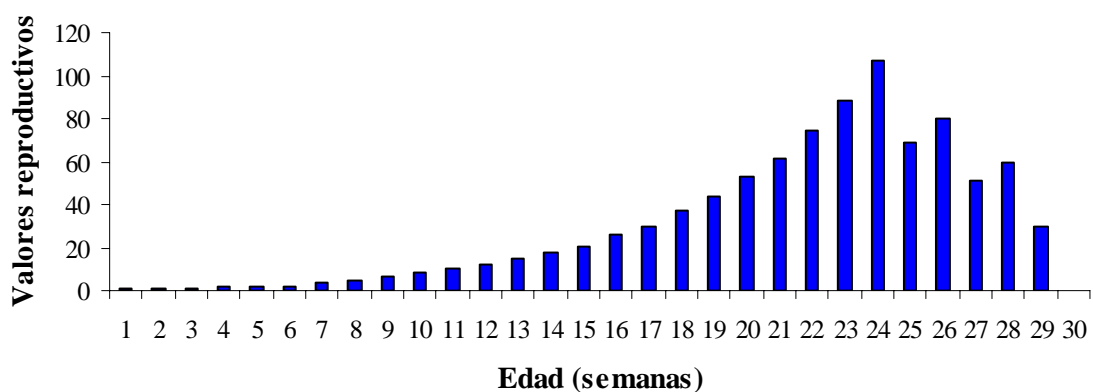


Fig. 26: Valores reproductivos específicos por edad de tres cohortes de *Alpaida veniliae*, en laboratorio.

## DISCUSIÓN

Las ootecas de *A. veniliae* construídas en el laboratorio fueron similares a las que se recolectaron en el cultivo de soja y a las descritas para otras especies de Araneidae como *A. variabilis* (Flórez *et al.*, 2002), *Zygiella x-notata* (Gheysens *et al.*, 2005) y *Araneus diadematus* (Foelix, 1996). Las tres capas de hilos que rodean a la masa de huevos también fue registrada por otros autores (Moon, 2003; Gheysens *et al.*, 2005; Van Nimmen *et al.*, 2005). Sin embargo, la presencia de un sustrato para su construcción no es atributo de todas las arañas tejedoras de la familia Araneidae (Foelix, 1996; Gheysens *et al.*, 2005).

Las distintas etapas del desarrollo post-embionario intraooteca observadas en *A. veniliae* coinciden con lo reportado por Galiano (1967) en *Loxosceles laeta* (Sicariidae), González (1979) en *Latrodectus* del grupo *mactans* (Theridiidae), Bauab (1982) en *Nephila clavipes* (Nephilidae), Ross *et al.* (1982) en *Heteropoda venatoria* (Heteropodidae), González (1982) en *Tidarren sisypoides* (Theridiidae), Peaslee & Peck (1983) en *Octonoba octonarius* (Uloboridae), Umaña (1987) en *Theridion rufipes* (Theridiidae), Downes (1987) en *Lactrodectus hasselti* (Theridiidae), Galiano (1991) en diez especies de Salticidae, Paz (1993) en *Linothele megatheloides* (Dipluridae), Minervino (1993) en *Misumenops pallida* (Thomisidae), González *et al.* (1998) en *Latrodectus variegatus* (Theridiidae), Fischer & Vasconcellos-Neto (2005) en *Loxosceles intermedia* (Sicariidae), González *et al.* (2009) en *Misumenops pallidus* (Thomisidae).

Los estados I, II y III, transcurrieron dentro de la ooteca y subsistieron de las reservas vitelinas. El estado IV presentó total movilidad, pudo tejer una tela para capturar a sus presas y se dispersó desde la ooteca hacia el exterior. Estas observaciones son coincidentes con las reportadas para otras especies de arañas, tanto del género *Araneus*, como de otros géneros: *Latrodectus*, *Loxosceles*, *Misumenops*, *Tidarren*, *Nephila*, *Linothele*, *Actinopus*, *Diplura*, etc.

El desarrollo de la hembra de *A. veniliae* exhibió, bajo condiciones de laboratorio, mayor número de estados juveniles que el macho, coincidiendo con lo observado por Flórez *et al.* (2002) en *A. variabilis*.

El tamaño del cefalotórax aumentó con la edad, coincidiendo con Foelix (1996), al igual que en otras especies de arañas como: *Theridion rufipes* (Umaña, 1987), *Phoneutria keyserlingi* (Simó & Bardler, 1989), *Misumenus pallidus* (González *et al.*,



2009) entre otros. La hembra adulta de *A. veniliae* fue más grande y tuvo mayor longevidad que el macho adulto, coincidiendo con lo citado para otros géneros de arañas (Gardner 1965; Bailey 1968; Jackson 1978; Mansour *et al.* 1980; Peaslee & Peck 1983; Minervino, 1993; Fischer & Vasconcellos-Neto 2005; González *et al.* 2009). La longevidad promedio de la hembra y del macho de *A. veniliae* fue mayor que la de *A. variabilis*, particularmente la del macho 21 días más larga (Flórez *et al.* 2002).

Con relación al tiempo de desarrollo resulta difícil hacer comparaciones con otras especies, ya que se debe tener en cuenta la limitación que existe debido a la influencia de la alimentación y el número de horas de luz que tienen en la tasa de desarrollo y en el número de estados antes de madurar (Deevey, 1949; Turnbull, 1962, 1965; Todd, 1983; Miyashita, 1986; Kiss & Samu, 2002). De la misma manera, en revisiones de datos publicados sobre la relación de forrajeo y tiempo de desarrollo en arañas, Vollrath (1987) concluyó que el mayor consumo de alimento se relacionó con un mayor tamaño corporal, y éste a su vez, con el número o biomasa de los huevos producidos (Vollrath, 1987; Jakob & Dingle, 1990; Skow & Jacob, 2003).

Los machos de *A. veniliae* al igual que los de *Araneus diadematus* (Ramousse, 1973) construyen telas y aumentan de peso hasta la última muda, en contraste a las hembras que construyen telas y aumentan de peso aún después de su última muda. Según Ramousse (1973), la maduración más rápida de los machos previene la cópula con una hembra de la misma cohorte, limitando la posible endogamia.

*Alpaida veniliae* exhibió una fecundidad más elevada que la de *Alpaida variabilis* y un mayor porcentaje de eclosión de huevos (Flórez *et al.*, 2002). Al igual que el tiempo de desarrollo, la fecundidad también es afectada por las condiciones de alimentación, temperatura y fotoperíodo, las cuales podrían explicar, al menos en parte, la diferencia entre estas dos especies.

El tiempo transcurrido entre la cópula y la primera oviposición en *A. veniliae*, fue notoriamente menor que el observado por Flórez *et al.* (2002) en *A. variabilis* (13,25  $\pm$  2,6 días) en condiciones de invernáculo con temperaturas no controladas.

El número de ootecas que puede colocar una araña es variable (Umaña, 1987; González & Armendano, 1995), y por lo general el número de huevos en la primera ooteca es mayor, descendiendo en las ootecas siguientes (González & Armendano, 1995). El cese de la fertilidad podría deberse a algunos factores como envejecimiento de la araña, el agotamiento del líquido espermático o vejez espermática (Umaña, 1987; Wagner *et al.*, 2004; Dean *et al.*, 2007; White *et al.*, 2008).

Como la mayoría de las arañas, *A. veniliae* es iterópara, es decir que los huevos son colocados en sucesivas puestas. El promedio de fecundidad de la hembra se encuentra dentro del rango de valores de otras especies de arañas (Foelix, 1996). La hembra de *A. veniliae* al igual que la de *Theridion rufipes* (Theridiidae), parecería tener una espermateca con buena capacidad para mantener esperma viable, puesto que aceptan una sola cópula al inicio de su vida adulta, y pueden poner huevos fértiles hasta el final de su vida reproductiva (Umaña, 1987).

La mayor mortalidad en *A. veniliae* ocurrió en los primeros días de vida, esto es coincidente con lo observado por Schnack *et al.* (1983) en *Latrodectus mirabilis*, donde la expectativa de vida se incrementó, una vez superada la etapa crítica de las primeras semanas de vida. La correlación entre la mortalidad y la muda (antes, durante y después) indicó que la muda es un período de gran tensión y una fase vulnerable en la historia de vida de la araña (Fischer & Vasconcellos-Neto, 2005).

El ciclo de vida relativamente corto de *A. veniliae* en comparación con *Loxosceles laeta* (Sicariidae) (Galeano, 1967), *Nephila edulis* (Nephilidae) (Austin & Anderson, 1978), *Tetragnatha laboriosa* (Tetragnathidae) (Lesar & Unzicker, 1978), *Latrodectus mirabilis* (Theridiidae) (Schnack *et al.*, 1983), *Steatoda retorta* (Theridiidae) (González, 1987), *Phoneutria keyserlingi* (Ctenidae) (Simó & Bardler, 1989), *Misumenops pallida* (Thomisidae) (Minervino, 1993), y *Loxosceles intermedia* (Sicariidae) (Fischer & Vasconcellos-Neto, 2005), sugiere la posibilidad de que tenga más de una generación por año. De acuerdo a Yoshida (2002) este tipo de estrategia de historia de vida puede ser una ventaja para arañas que viven en ambientes inestables o perturbados como son los campos de cultivo.

Existe muy poca información sobre los parámetros poblacionales de otras arañas para comparar con los de *A. veniliae*. Boulton & Polis (1999) calcularon algunos parámetros poblacionales de *Diguetia mojavea* (Diguetidae), pero bajo condiciones de campo (sur de California), lo cual hace imposible la comparación. Sin embargo, a pesar de que la fecundidad promedio de *D. mojavea* fue más alta (1065 huevos por hembra) que la de *A. veniliae*, su tasa reproductiva neta fue más baja (1,41 descendientes por hembra por generación), revelando la mayor mortalidad de las poblaciones naturales.

Las características de la historia de vida y los parámetros poblacionales de *A. veniliae*, indican que posee una importante capacidad potencial de incremento poblacional, en condiciones de laboratorio. Estos atributos de *A. veniliae*, una de las arañas tejedoras de tela orbicular más abundantes que habitan el cultivo de soja,

deberían ser tomados en cuenta cuando se analiza la importancia de conservar a estos depredadores como enemigos naturales de las plagas, en el cultivo de soja.

### **CAPITULO III**

#### **COMPORTAMIENTO SEXUAL DE *Alpaida veniliae* (ARANEAE, ARANEIDAE)**

# INTRODUCCIÓN

## Comportamiento sexual

El estudio del comportamiento sexual de las arañas constituye un elemento importante debido a que responde a modelos específicos, poco variables, por lo cual se lo considera un criterio válido para la determinación específica (González & Armendano, 1995).

El comportamiento en arañas tejedoras involucra el canibalismo y está presente, fundamentalmente, en dos familias: Araneidae y Theridiidae. Las hembras que canibalizan sexualmente a los machos, durante o luego de la cópula, a menudo presentan este comportamiento en forma sistemática, independiente de las condiciones de nutrición.

El canibalismo es un fenómeno que forma parte de la naturaleza predadora agresiva de la conducta sexual de las hembras, y se encuentra influenciado por aspectos tales como su abundancia, su distribución, y su biomasa (Guzmán-Mendoza, 2002).

Durante la cópula, el traslado de esperma se realiza por órganos especializados localizados en la parte delantera de los palpos de los machos (Foelix, 1996; Eberhard, 2004 y Uhl *et al.*, 2007). Estos son morfológicamente complejos y ricos en estructuras utilizadas como caracteres taxonómicos. El acoplamiento genital involucra varias estructuras del palpo masculino que se acoplan con las correspondientes estructuras del epigino de la hembra (Uhl *et al.*, 2007). Según Patil *et al.* (2006) el palpo es utilizado también mientras “ondea” o “tamborilea”, durante el cortejo y los pelos quimiorreceptores que posee son utilizados para la búsqueda y seguimiento del hilo de la hembra. La especialización estructural en el tarso del palpo de los machos (*cymbium*) es probable que esté acoplada con un único modelo de órgano liriforme específico de la especie, contribuyendo al aislamiento reproductor.

Durante el cortejo están involucradas señales químicas, visuales, táctiles y sonoras, en donde uno o ambos sexos participan activamente. Básicamente, es el macho el que desarrolla formas diferentes y complejas de acercarse a la hembra para maximizar su éxito reproductivo o supervivencia. El cortejo sirve como un código que impide el apareamiento entre especies muy emparentadas (Guzmán-Mendoza, 2002).

De acuerdo a Spriggs (1995) existen tres categorías definidas de cortejo, según la fisiología y conducta de las arañas:

- 1.- Requiere el contacto directo entre los dos sexos para que pueda suceder el cortejo.
- 2.- Involucra semioquímicos y vibraciones producidas por la hembra para que responda el macho.
- 3.- Incluye el reconocimiento de la hembra por parte del macho. En la mayoría de las arañas el reconocimiento comienza siendo visual.

Según Maklakov *et al.* (2003), el comportamiento de cortejo en arañas está relacionado con las vibraciones sobre la tela realizadas por los machos, pudiendo funcionar:

- Como señal de identificación del macho para el reconocimiento de la especie.
- En la supresión de la agresividad de la hembra.
- Para estimular el comportamiento de apareamiento de la hembra.
- Como una señal de calidad utilizado por la elección de la hembra.

Mercier (2003) también sostiene que las señales vibratorias están relacionadas con los rituales de cortejo como una preparación hacia el apareamiento.

Existen otros factores que permiten que ambos sexos se evalúen mutuamente, como por ejemplo el peso del cuerpo de cualquiera de los individuos, ya que éste puede proveer información sobre la localización y la masa relativa del compañero/a. Esto implica que sobre todo el macho valore sus probabilidades de éxito, aún a pesar del estímulo químico, pues un tamaño desventajoso para éste le podría proporcionar a la hembra una comida segura (Guzmán-Mendoza, 2002).

### **Cópula y canibalismo en arañas tejedoras**

En arañas tejedoras de tela orbicular, los machos pueden llenar sólo un lado del epigino de la hembra durante la cópula. Estos machos para utilizar el segundo palpo con la misma hembra, tienen que volver a cortejar (Schneider *et al.*, 2006). Herberstein *et al.* (2005) observaron el traslado de esperma de un solo palpo en la cópula de *Argiope keyserlingi*, y los machos que sobrevivieron pudieron volver a copular con el otro palpo.

La probabilidad de que un macho de *Araneus diadematus* pueda cortejar a una hembra y termine canibalizado, dependerá de su tamaño (Elgar & Nash, 1988). Los machos grandes evaden la agresividad de sus compañeras e incrementan el éxito

reproductivo con respecto a machos pequeños, porque pueden permanecer más tiempo copulando, asegurando así la fertilización de todos los huevos y además compiten exitosamente entre ellos por las hembras (Schneider & Lubin, 1998; Fromhage *et al.*, 2003; Herberstein *et al.*, 2005). Sin embargo, según Foellmer & Fairbairn (2004), en *Argiope aurantia*, el canibalismo sexual no está relacionado con el tamaño del cuerpo del macho. De igual forma, Guzmán-Mendoza (2002) sostiene que las hembras se benefician al comerse a su compañero, independientemente del tamaño, ya que incrementan notablemente su peso corporal y fecundidad, debido a que el cuerpo del macho tiene todos los requerimientos nutricionales para la producción de huevos. Schneider & Elgar (2001, 2002) sugieren que las hembras vírgenes canibalizan a los machos por una decisión de forrajeo y aumento de masa corporal, lo que les proporciona un mayor vigor y fecundidad en la primera oviposición, incrementando el potencial de paternidad en los machos.

La posibilidad de que el canibalismo sea influenciado por la edad del macho, fue descartado por Elgar & Nash (1988) en *Araneus diadematus*, indicando que el canibalismo no es el resultado de la vejez del mismo.

El dimorfismo sexual en el género *Alpaida* (16 especies), no es tan marcado como en otros géneros de arañas tejedoras orbiculares (Hormiga *et al.*, 2000).

Son pocos los estudios relacionados al comportamiento sexual en arañas tejedoras, en especial asociadas a cultivos agrícolas. El estudio del comportamiento sexual es un aspecto fundamental del conocimiento de la biología de *Alpaida veniliae*, araña frecuente en el estrato herbáceo del cultivo de soja transgénica de la región pampeana (Argentina).

## **OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el comportamiento sexual de *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae) en laboratorio y dilucidar aspectos del canibalismo relacionado a este comportamiento.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las posiciones adoptadas por machos y hembras durante el comportamiento sexual.
- Describir las unidades del comportamiento sexual para ambos sexos.
- Describir y analizar la conducta de la hembra y el macho, tratando de determinar la correspondencia entre los comportamientos de cortejo, cópula y post-cópula.
- Analizar el canibalismo sexual y la recópula.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cría de *Alpaida veniliae*

Las arañas y ootecas fueron recolectadas en el sitio de estudio y llevadas al laboratorio donde fueron individualizadas y acondicionadas en cajas de petri de 6 cm de diámetro y 1,5 cm de alto. Las condiciones ambientales en el bioterio fueron:  $25 \pm 2$  °C de temperatura,  $75 \pm 5$  % de humedad relativa y 16:8 h. (L: O) de fotoperíodo.

Los individuos adultos y subadultos recolectados en el campo fueron alimentados cada siete días con *Musca domestica*. Los individuos emergidos de las ootecas construídas en el bioterio fueron alimentados con *Drosophila melanogaster* , desde la dispersión (salida de la ooteca) hasta el estado VI de desarrollo, y luego con *Musca domestica* hasta el estado adulto.

### 1. Observación y descripción de las unidades de comportamiento sexual

Las unidades de comportamiento son una descripción en términos de posturas y movimientos, e incluye detalles relativos a su intensidad, frecuencia o estructura temporal (Font *et al.*, 1998).

Las hembras adultas se colocaron individualmente en bastidores de madera (15 x 10 x 5 cm) con vidrios corredizos, para la construcción de la tela. El macho fue colocado en la parte inferior del bastidor para que pudiera detectar los hilos de la hembra en el sustrato. El día que se introdujo el macho para el apareamiento, se alimentó a la hembra tres horas antes para evitar el canibalismo por hambre. En total se formaron 116 parejas, en las cuales todas las hembras eran vírgenes.



La presencia de canibalismo e inserción palpal se registró en 78 parejas, describiendo además, en 20 de ellas, las unidades de comportamiento durante el apareamiento (cortejo, cópula y post-cópula). Para determinar si el canibalismo se relacionó con la virginidad del macho, se utilizaron 19 parejas con machos vírgenes y 19 parejas con machos con cópulas previas.

Las parejas que copularon fueron preservadas en formol al 10% después de cada cópula, para examinar posteriormente las estructuras de los palpos de los machos bajo microscopio estereoscópico. Las cópulas fueron registradas a través de fotografías y filmaciones digitales. Los videos fueron analizados a través del programa Pinnacle Studio 9.

### **Parámetros evaluados**

Se determinaron y describieron las distintas posiciones que adoptaron ambos sexos durante el cortejo, la cópula y la post-cópula, y las unidades de comportamiento, así como su sucesión en el tiempo y duración. Conjuntamente, se evaluó el canibalismo de la hembra hacia el macho y el tipo de inserción palpal (palpo derecho o izquierdo).

El tamaño del macho no fue medido en términos absolutos, sino en comparación con el tamaño de la hembra. Se consideró grande cuando fuera un tamaño similar al de la hembra, y pequeño cuando era notoriamente menor.

### **Análisis estadístico**

El efecto de la duración de inserción palpal y el número de macro setas en el fémur de la pata III del macho, sobre el canibalismo de la hembra se realizó mediante análisis de la varianza (ANOVA) y las medias fueron separadas mediante la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Cuando no se cumplieron los postulados del ANOVA se usó el test de Kruskal – Wallis. Se puso a prueba la hipótesis de independencia del canibalismo de la hembra en relación al estado de virginidad del macho, tamaño relativo de éste, inserción del palpo derecho o izquierdo durante la cópula, y a la presencia de una “macro seta distal” en la pata III, mediante la Prueba de Chi cuadrado o la Prueba exacta de Fisher. Para todos los análisis estadísticos se utilizó un nivel de significancia de 0,05.

Para el análisis de los datos a través de los diferentes tests, se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurion XV, versión 15.2.05. (StatPoint, Inc. 2007) y BioEstat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007).

## RESULTADOS

Sobre la base de las observaciones realizadas se dilucidaron las posiciones adoptadas durante el comportamiento sexual y las unidades de comportamiento para ambos sexos, las cuales se describen seguidamente.

### 1. Observación y descripción de las unidades de comportamiento sexual

Las posiciones adoptadas durante el comportamiento sexual para ambos sexos (H: hembra, M: macho), fueron:

#### - Posición 1 (Posición de reposo y de acicalamiento) (Fig. 26 - 1).

- **H:** suspendida en el “hub” (sitio donde se encuentra *A. veniliae*, en estado de reposo) de la tela, verticalmente con el cefalotórax hacia abajo.
- **M:** suspendido horizontalmente, con el dorso hacia abajo y el cefalotórax hacia la hembra.

#### - Posición 2 (Fig. 26 - 2).

- **H:** igual a posición 1.
- **M:** suspendido, inclinado con el cefalotórax y dorso hacia arriba y enfrentado a la hembra.

#### - Posición 3 (Fig. 26 - 3).

- **H:** suspendida, inclinada con el cefalotórax hacia abajo, dorso hacia arriba y hacia el macho.
- **M:** igual a posición 2.

#### - Posición 4 (Fig. 26 - 4).

- **H:** posición 1 con el dorso hacia el macho.
- **M:** suspendido, inclinado con el cefalotórax y dorso hacia abajo y opuesto a la hembra.

**- Posición 5 (Fig. 26 - 5).**

- **H:** suspendida, inclinada con el cefalotórax hacia arriba y con el dorso hacia abajo, enfrentada con el macho.
- **M:** suspendido, inclinado con el cefalotórax y dorso hacia abajo, enfrentando con la hembra.

**- Posición 6 (Fig. 26 - 6).**

- **H:** suspendida, inclinada con el cefalotórax y dorso hacia abajo, y con la zona ventral hacia el macho.
- **M:** Igual a posición 5.

**- Posición 7 (Fig. 26 - 7).**

- **H:** suspendida verticalmente con el cefalotórax hacia abajo y con la zona ventral hacia el macho.
- **M:** suspendido, inclinado por las patas III y IV y dorso hacia abajo. Patas I y II dirigidas hacia la hembra, palpos frotando el epigino de la hembra.

**- Posición 8 (Posición de cópula) (Fig. 26 - 8).**

- **H:** igual posición 7.
- **M:** suspendido del hilo verticalmente, cefalotórax hacia abajo, palpo hacia el epigino de la hembra.

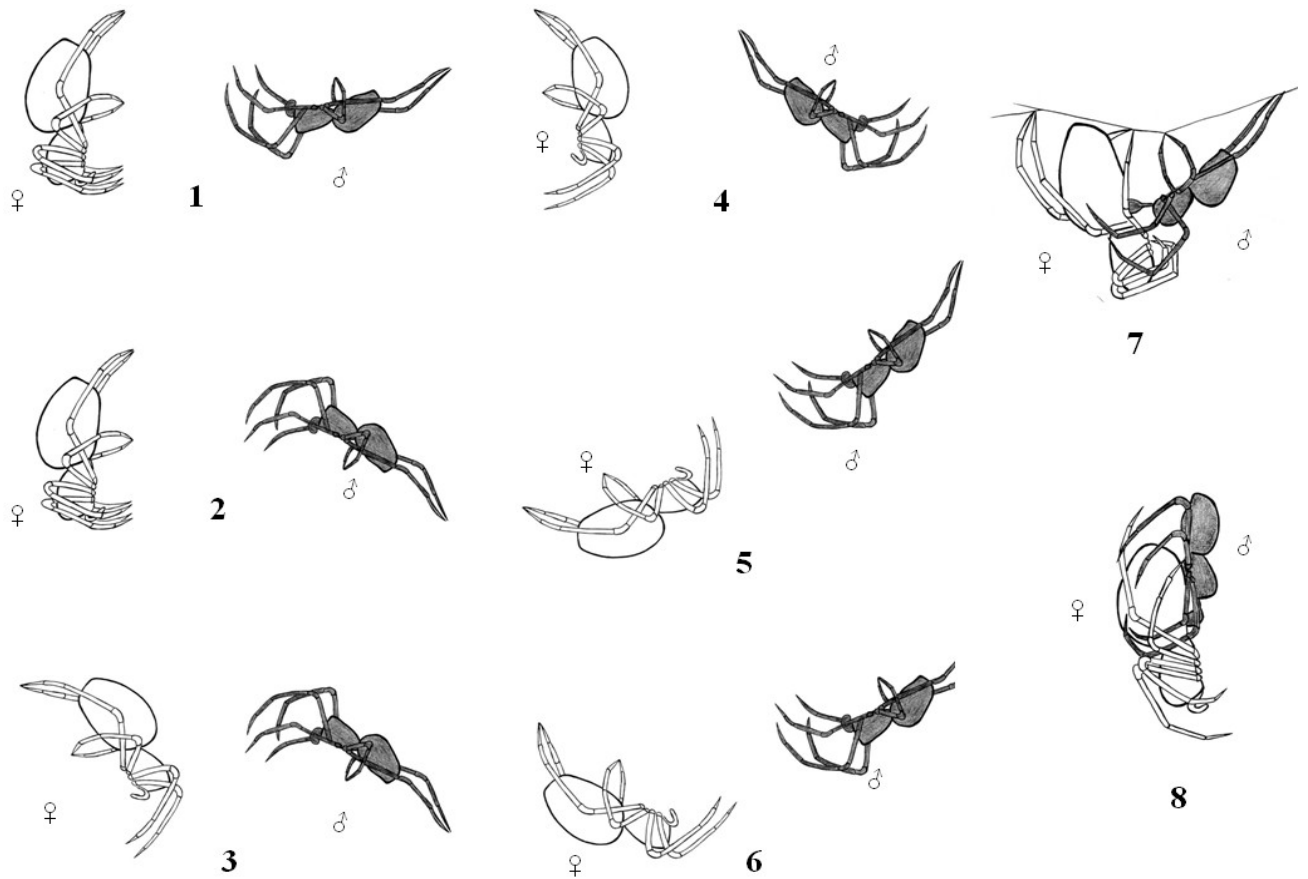


Fig. 26: 1-8, posiciones adoptadas durante el comportamiento sexual de *Alpida veniliae* (Hembra: clara, Macho: oscuro).

## Unidades de comportamiento del macho

### Cortejo

- **Detección:** investigación del sustrato, reconocimiento de los hilos de la hembra y golpeteo de los palpos y las patas I y II sobre ellos. Posición 2
- **Presencia-I:** movimiento vibratorio con patas III, alternado, sobre el hilo de la tela de la hembra. Posición 2.
- **Construcción del hilo de apareamiento:** construcción del hilo para realizar el apareamiento en el borde de la tela de la hembra. Posición 2.

- **Pedaleo de patas I y II:** pedaleo con patas I y II sobre el hilo de apareamiento. Posición 2 y 4.
- **Presencia-II:** movimientos vibratorios con las patas III sobre el hilo de apareamiento. Posición 3.
- **Pausa:** ausencia de todo tipo de movimiento o actividad. Posición 3 y 4.
- **Movimiento de alejamiento-acercamiento:** movimientos realizados sobre el hilo de apareamiento hacia donde se encuentra la hembra. Posición 5 y 6.
- **Movimiento abdominal:** movimientos abdominales dorsoventrales, el impulso inicial es dorsal. Posición 6.
- **Juego de patas:** movimiento de patas I y II del macho sobre patas I y II de la hembra. Posición 6 y 7.
- **Estimulación palpal:** roce de los palpos alternadamente sobre el epigino de la hembra. Posición 7.
- **Toma de posición:** movimientos para adoptar la posición de apareamiento. Posición 7 y 8.

### **Cópula**

- **Abrazo:** abrazo a la hembra inmovilizándola. Posición 7 y 8.
- **Inserción palpal:** inserción del palpo en el epigino de la hembra. Posición 8.

### **Post-cópula**

- **Retirada:** El macho se retira cortando el hilo de apareamiento después de haber finalizado la cópula.

- **Quietud:** ausencia de todo tipo de movimiento o actividad, quedando el macho colgado del hilo con todas las patas extendidas en estado cataléptico. Posición 1.
- **Limpieza palpal:** limpieza de los palpos frotándolos con las patas I y II. Posición 1.

La duración de las distintas unidades de comportamiento sexual del macho se describen en la tabla 16.

Tabla 16: Duración de las unidades del comportamiento sexual del macho de *Alpaida veniliae*.

<b>Cortejo</b>	<b>Tiempo (seg.) (media ± DE)</b>
Detección	10,33 ± 5,6
Presencia-I	62,88 ± 44,3
Construcción del hilo de apareamiento	43,06 ± 60,1
Pedaleo de patas I y II	15,98 ± 27,4
Presencia-II	11,48 ± 36,7
Pausa	58,03 ± 3,5
Movimiento acercamiento-alejamiento	13,68 ± 7,4
Movimiento abdominal	34,73 ± 38,2
Juego de patas	2,23 ± 0,4
Estimulación palpal	55,07 ± 28,3
Toma de posición	1 ± 0
<b>Tiempo</b>	<b>315,87 ± 87,0</b>
<b>Cópula</b>	
Abrazo e Inserción palpal	10,38 ± 2,7
<b>Tiempo</b>	<b>10,38 ± 2,7</b>
<b>Post-cópula</b>	
Retirada	1,23 ± 0,4
Quietud	120,85 ± 72,6
Limpieza palpal	100,53 ± 86,0

<i>Tiempo</i>	<i>229,56 ± 126,6</i>
<b>Tiempo total transcurrido</b>	<b>558,21 ± 199,3</b>

## Unidades del comportamiento de la hembra

### Cortejo

- **Giro:** gira en el “hub” de su tela, enfrentando la zona dorsal hacia el macho. Posición 3.
- **Pausa:** ausencia de todo tipo de movimiento o actividad. Posición 1, 3, 4 y 6.
- **Pedaleo de patas I y II:** pedaleo con patas I y II sobre la tela. Posición 2, 6 y 7.
- **Avance:** avance hacia la dirección del macho por su tela, hasta tocar el hilo de apareamiento. Posición 5.
- **Descolgado:** fijación de un hilo de enganche sobre el hilo de apareamiento para descolgarse en dirección al macho, quedando suspendida por las patas III y IV. Patas I y II plegadas hacia su cuerpo, posición receptiva. Posición 7.
- **Juego de patas:** movimiento de patas I y II de la hembra sobre patas I y II del macho. Posición 6

### Cópula

- **Inserción palpal:** inserción del palpo en el epigino de la hembra. Posición 8.

### Post-cópula

- **Retirada:** regresa al “hub” inmediatamente después de haber finalizado la cópula. Posición 1.

- **Acicalamiento:** limpieza del epigino con las patas III de forma alternada, limpieza de palpos y patas entre sí. Posición 1.

La duración de las distintas unidades de comportamiento sexual de la hembra se describen en la tabla 17.

Tabla 17: Duración de las unidades del comportamiento sexual de la hembra de *Alpaida veniliae* (Araneidae).

Cortejo	Tiempo (seg.) (media $\pm$ DE)
Giro	3,12 $\pm$ 1,7
Pausa	60,23 $\pm$ 35,2
Pedaleo patas I y II	13,49 $\pm$ 2,6
Avance	5,74 $\pm$ 4,7
Descolgado	2,74 $\pm$ 0,9
Juego de Patas	17,6 $\pm$ 8,7
<b>Tiempo</b>	<b>109,84 <math>\pm</math> 11,5</b>
<b>Cópula</b>	
Inserción palpal	10,38 $\pm$ 2,7
<b>Tiempo</b>	<b>10,38 <math>\pm</math> 2,7</b>
<b>Post-cópula</b>	
Retirada	3,42 $\pm$ 2,9
Acicalamiento	221,64 $\pm$ 70,7
<b>Tiempo</b>	<b>255,05 <math>\pm</math> 42,7</b>
<b>Tiempo total transcurrido</b>	<b>385,09 <math>\pm</math> 83,3</b>



El cortejo es la etapa que tiene el mayor número y duración de unidades del comportamiento sexual de *A. veniliae*. Los machos exhibieron 11 unidades de comportamiento durante este período, representando el 75% de la duración total del comportamiento sexual. Durante la cópula, realizaron dos unidades de comportamiento y tres en la post-cópula. Las hembras efectuaron seis unidades durante el cortejo, representando el 64,3% de la duración total del comportamiento sexual, una unidad durante la cópula y dos unidades durante la post-cópula.

Durante el cortejo, la hembra siempre se encontró receptiva mientras el macho cortejaba. La hembra de *A. veniliae* copuló una sola vez. Una vez finalizada la cópula la hembra dejó de ser receptiva, y por lo general ahuyentó al macho con movimientos agresivos de ataques y en otros casos simplemente se comió su propia tela, impidiendo el cortejo del mismo o de otros machos, no aceptando la recópula.

### **Sucesión de las unidades del comportamiento sexual del macho y la hembra**

#### **- Cortejo**

Al ser colocado el macho en el bastidor de la hembra con su tela (posición 1), inmediatamente realiza una inspección del lugar, encontrando los hilos de la hembra, unidad “detección”. Sube por uno de los hilos que conforma el marco de la tela de la hembra realizando la unidad “presencia-I” y “desplazamiento”. La hembra gira en el “hub” de la tela (unidad “giro”) y realiza la unidad “pedaleo de patas I y II”, luego se queda quieta (“pausa”). El macho construye un hilo de apareamiento desde el borde de la tela de la hembra (“construcción de hilo de apareamiento”), hasta alguna otra estructura lejos de la tela, luego realiza la unidad “presencia-II” y luego “pausa”. Mientras que la hembra está en “pausa”, el macho comienza con el “pedaleo de patas I y II” y “movimientos abdominales”. La hembra avanza sobre el hilo de apareamiento (“avance”) y nuevamente adopta la unidad “pausa”, mientras el macho realiza la unidad “movimiento de alejamiento-acercamiento”. La hembra avanza y se descuelga del hilo quedando sujeta sólo con las patas III y IV (“descolgado”), colocándose en pose de receptividad, posteriormente ambos empiezan con “juego de patas”. Finalmente el macho realiza “movimiento abdominal” y “estimulación palpal” (Fig. 27), concretándose la “toma de posición”.



Fig. 27: Estimulación palpal del macho sobre la zona epiginal de la hembra de *Alpaida veniliae*.

#### - **Cópula**

El macho una vez que logró enganchar el esclerito retro lateral del cymbium (ubicado en el palpo) (Fig. 28), con la estructura del epigino de la hembra (Fig. 29), realiza la unidad “abrazo” e “inserción palpal” (Fig. 30).



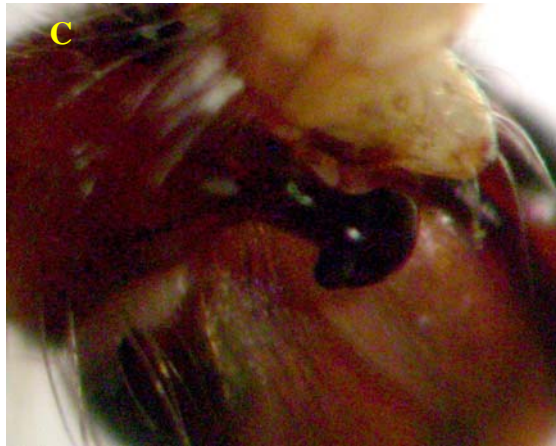


Fig. 28: Palpo del macho de *Alpaida veniliae*. A: vista ventral del palpo, B: vista dorsal del palpo, C: detalle del esclerito retro lateral del cymbium.



Fig. 29: Epigino de la hembra de *Alpaida veniliae*. A: vista dorso lateral, B: vista lateral, C: vista ventral.



Fig. 30: Posición de cópula “abrazo” e “inserción palpal” de *Alpida veniliae*.

### - Post-cópula

Una vez terminada la cópula, ambos se desenganchan y el macho rápidamente corta el hilo y realiza la “retirada” para evitar el canibalismo por la hembra. Conjuntamente la hembra también realiza la unidad “retirada”. El macho queda suspendido de su hilo sin realizar ningún tipo de movimiento (“quietud”), mientras tanto la hembra comienza con la unidad de “acicalamiento”. Posteriormente el macho sube por el hilo y cumple la unidad “limpieza palpal”.

## 2. Canibalismo sexual

No se observó canibalismo de las hembras sobre los machos que no copularon. De los que copularon ( $n = 103$ ), el 46,6% sufrió canibalismo por parte de la hembra. La presencia de canibalismo durante la cópula no difirió de acuerdo al estado de virginidad del macho ( $\chi^2 = 0,49$ ;  $P = 0,73$ ), ni al tamaño relativo del mismo ( $\chi^2 = 3,88$ ;  $P = 0,08$ ). Tampoco estuvo relacionado con la duración de la inserción del palpo ( $F_{1, 22} = 3,30$ ;  $P = 0,08$ ), mientras que se observaron diferencias significativas según el palpo insertado ( $\chi^2 = 25,81$ ;  $P < 0,001$ ). Del total de machos que insertaron el palpo derecho, el 85,3% fue canibalizado, mientras el 22,6% lo fue cuando insertó el palpo izquierdo.

Fue muy notoria la actividad constante de la pata III del macho, sobre la tela de la hembra o el “hilo de apareamiento” durante el proceso del cortejo, realizando frecuentes vibraciones en algunas unidades (presencia-I y presencia-II). Observaciones

bajo el microscopio binocular mostraron que la pata III de todos los machos presentaron macro setas en la parte ventral del fémur, en mayor cantidad que en el resto de las patas. El canibalismo no difirió en relación al número de macro setas presentes en el fémur de la pata III (derecha e izquierda) de los machos ( $H= 1,6486$ ;  $P= 0,20$ ), pero si ante la presencia de la “macroseta distal” (Prueba exacta de Fisher,  $P= 0,001$ ) (Fig.31).

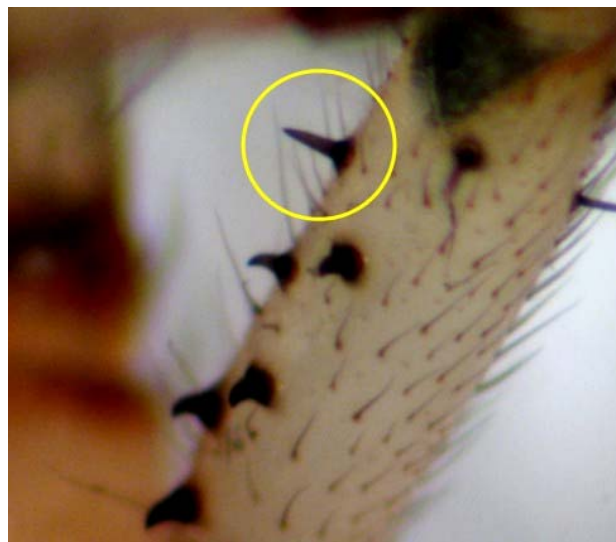


Fig. 31: Presencia de “macro seta distal” en el fémur de las patas III, en machos canibalizados de *Alpaida veniliae*.

### 3. Recópula

Fueron escasos los intentos de una segunda cópula (“recópula”) en *A. veniliae*. Se observó en nueve machos de 78 parejas, y ocurrió cuando el tiempo de cópula fue menor ( $6,17 \pm 2,21$  seg.) al promedio normal de la misma ( $10,38 \pm 2,7$  seg.). En estos casos, el intento del macho de copular nuevamente con la misma hembra requirió reanudar desde el principio el cortejo, alcanzando la recópula una duración de  $11,67 \pm 1,07$  seg., la cual duró más tiempo que la primera cópula ( $H= 17,87$ ;  $P=0,001$ ).

En los pocos casos de recópula, se observó también un canibalismo sexual hacia el macho del 46,15%.

A diferencia de la cópula, en la recópula, el canibalismo no difirió significativamente cuando el palpo insertado fue el derecho (Prueba exacta de Fisher,  $P= 0,21$ ). Al igual que la cópula, no fue afectado por el número de macro setas ( $H= 3,01$ ;  $P= 0,08$ ), pero si por la presencia de una macro seta distal (Prueba exacta de Fisher;  $P= 0,001$ ).

## DISCUSIÓN

El cortejo es la etapa de mayor duración en el comportamiento sexual de *A. veniliae*. Esta etapa implica más número de unidades de comportamiento en ambos sexos, aunque mayor en el macho, lo cual coincide con lo observado en *Achaearaneae jequitituba* (González & Poncio, 1992) y en *Achaearaneaea tepidarium* (González & Armendano, 1995). Este comportamiento involucraría un mayor costo de energía y riesgo de depredación como lo indican Schneider & Lubin (1998).

Por lo general durante el cortejo están involucrados señales químicas, visuales, táctiles y sonoras (Guzmán-Mendoza, 2002). En todas las arañas las feromonas femeninas son importantes cuando están presentes, porque ayudan a los machos a encontrar a las hembras sexualmente receptivas e iniciar el cortejo (Guzmán-Mendoza, 2002). Las feromonas son producidas en las glándulas de seda (Gaskett, 2007), o a través de la cutícula y sólo son aplicadas a la seda durante la construcción de la tela (Trabalon *et al.*, 2005). Estudios realizados con machos de *Stegodyphus lineatus* (Eresidae) sobre telas abandonadas por hembras vírgenes, mostraron que éstos comenzaron a realizar movimientos vibratorios sobre las telas, pero luego estos movimientos fueron decreciendo por la falta de contestación y ausencia de la hembra. Maklakov *et al.* (2003) también sugieren que las hembras producen feromonas sobre la tela y que el comportamiento vibratorio del macho es producido por ese estímulo.

En los machos, los quimiorreceptores probablemente estén ubicados sobre los palpos que utilizan para transferir el esperma, o en las patas delanteras (Gaskett, 2007). Según lo observado en *A. veniliae*, la detección de las feromonas sobre los hilos de la tela de la hembra, la realizan los machos con los palpos y el primer par de patas, para dar luego inicio al cortejo.

González & Armendano (1995) reportaron que durante el cortejo se suprimen los instintos depredadores de la hembra y se promueve la estimulación. En las arañas tejedoras la estimulación se realiza mediante vibraciones. El macho presenta secuencias de exhibición y de estimulación en donde la hembra participa indicando receptividad (González & Poncio, 1992). También Spriggs (1995) sostiene que el comportamiento de cortejo debe suprimir los instintos depredadores de la hembra, y proveer un estímulo para que ambos sexos puedan alcanzar la cópula., la receptividad de la hembra indicará este inicio.



Durante el inicio del cortejo en *A. veniliae*, el macho realizó vibraciones, permaneciendo inicialmente en el borde del tejido de la hembra. De acuerdo a Mercier (2003) los machos pueden estimular a las hembras tirando y tamborileando en sus redes. Un caso parecido fue comentado por Foelix (1996) en *Zygiella x-notata* (Araneidae), en donde el macho tironea de la tela de la hembra con sus patas delanteras, ubicado en la parte externa de la tela. La utilización de dichas vibraciones son importantes, ya que suprimen la agresividad en la hembra, permitiendo al macho evitar ser confundido con una presa (Foelix, 1996). Este mismo comportamiento fue observado en *Achaeearaneae tepidarorium* por González & Armendano (1995), donde el macho utiliza vibraciones como un importante componente durante el cortejo y todo el comportamiento sexual, anunciando su presencia sobre la tela de la hembra y el mensaje es recibido por ésta, inhibiendo su instinto depredador y respondiendo con una señal de aceptación. En el caso de *Stegodyphus lineatus* (Eresidae), Maklakov *et al.* (2003) concluyen que la función primaria de las vibraciones de cortejo de los machos puede ser la de estimular a la hembra para hacerla receptiva al apareamiento.

La colocación de un “hilo de apareamiento” en el borde de la tela de la hembra, es común en arañas tejedoras orbiculares, sobre todo en la familia Araneidae (Guzmán-Mendoza, 2002). Este hilo es utilizado por los machos para cortejar a las hembras por medio de señales táctiles. Para Guzmán-Mendoza (2002) existe una relación entre los machos que tejen un “hilo de apareamiento” y el tamaño, siendo los machos grandes los que construyen el hilo de apareamiento. Dicho hilo puede estar unido a la red de la hembra de dos formas: (1) al centro (*Argiope aemula*), y (2) en los límites (*Araneus diadematus*). En este mismo sentido, los machos que utilizan el hilo atado al centro de la red son más pequeños que los que atan sus hilos en los límites. El tamaño de los machos de *A. veniliae*, y la colocación de hilos en los bordes de la tela de la hembra, coincide con lo descrito por Guzmán-Mendoza (2002).

Este “hilo de apareamiento” ha sido observado por algunos autores en especies de Araneidae como: *Argiope aemula* (Sasaki & Iwahashi, 1995), *Zygiella x-notata* (Foelix, 1996), *Araneus diadematus* (Elgar & Nash, 1988), *Argiope keyserlingi* (Herberstein *et al.*, 2002), *Argiope bruennichi* (Schneider *et al.*, 2006). En estudios de evolución del sistema de cortejo en arañas tropicales, realizados por Robinson & Robinson (1978), se observó que determinados géneros de arañas macho como *Gea*, *Gasteracantha*, *Isoxya*, *Aetrocantha*, *Micrathena*, *Cyclosa*, *Zilla* y *Eriophora*, presentan cortejos basados enteramente en vibraciones del “hilo de apareamiento”, con complejos

movimientos de patas y cuerpo, y que la respuesta de la hembra al cortejo hace incrementar estos movimientos, sugiriendo que es un cortejo más avanzado desde el punto de vista evolutivo. Según Herberstein *et al.* (2002) los machos de *Argiope keyserlingi* que colocaron hilos de apareamiento por fuera de la tela de la hembra, puede reducir el potencial de lesiones o canibalismo y la hembra reduce el costo de poder forrajear en una red dañada.

El acoplamiento genital en *A. veniliae* conlleva a una determinada posición del macho para poder enganchar el epigino de la hembra con el palpo. De acuerdo a Uhl *et al.* (2007), el acoplamiento genital involucra varios apéndices en el palpo masculino que acoplen con las correspondientes estructuras sobre la superficie del tracto genital de la hembra o en su interior. Según Hosken & Stockley (2004) y Prenter *et al.* (2006), la variación de la morfología genital está relacionada directamente con el éxito de la fertilización masculina, evidenciando que los genitales de los machos y hembras coevolucionan antagónicamente (Hosken & Stockley, 2004).

La cópula en *A. veniliae* fue muy corta y representó un 2% del total del comportamiento sexual. Su escasa duración podría estar relacionada con la transferencia de espermatozoides de un solo palpo. Según Schneider *et al.* (2006) los machos de *Argiope bruennichi* pueden transferir 50% de su carga de espermatozoides en cada palpo dentro de los 10 seg. de cópula. Por otra parte, los machos de *A. veniliae* que copularon un tiempo menor al promedio volvieron a cortejar a la misma hembra, y en aquellos casos en que la hembra aceptó la recópula, ésta fue de mayor duración que la cópula normal. El intento de copular nuevamente con la misma hembra, requirió reanudar el cortejo desde el principio para poder insertar el otro palpo. Esto es coincidente con lo observado por Sasaki & Iwahashi (1995) en *Argiope aemula* y Schneider *et al.* (2006) en *Argiope bruennichi*. Estos datos sugerirían que la mayor proporción de las hembras de *A. veniliae* recibirían solo el 50 % de la carga de espermatozoides del macho.

Herberstein *et al.* (2005) observaron en *Argiope keyserlingi*, que la mitad de los machos sobreviven a su primera cópula, y que los sobrevivientes pueden copular otra vez pero con el otro palpo. Esto sugeriría que los machos no pueden utilizar el palpo más de una vez para la cópula.

La genitalia del macho debe permitir el desacople rápido de la hembra (Uhl *et al.*, 2007). De acuerdo a Nessler *et al.* (2007) y Uhl *et al.* (2007), el canibalismo sexual ocurre durante la cópula, por lo que la selección actuará en los fenotipos del macho a la hora de escapar del ataque de la hembra.



En *A. veniliae*, el desenganche de la hembra y del macho es rápido, el macho da un salto quedando fuera del alcance de ésta y se ubica colgado del hilo de apareamiento por un cierto tiempo. En *Argiope aemula* el macho también copula utilizando uno de sus palpos (primera inserción) y el intento de escape es a través de un salto, y en caso de no ser comido, vuelve a cortejar a la misma hembra y copula utilizando el otro palpo (segunda inserción) (Sasaki & Iwahashi, 1995).

Makaklov *et al.* (2003) sugieren que las hembras se vuelven no receptivas después del apareamiento, debido a que dejan de producir feromonas sexuales, produciendo una reducción del cortejo vibratorio del macho.

El canibalismo sexual es un comportamiento común en arañas tejedoras de tela orbicular, limitando al macho en la frecuencia de la cópula (Herberstein *et al.*, 2005). El porcentaje de canibalismo es variable en distintas especies de arañas. Por ejemplo, en el presente estudio en *A. veniliae* fue del 46,6%, mientras que en *Argiope bruennichi* del 80% (Schneider *et al.*, 2006), donde los machos son canibalizados por la hembra durante la primera inserción del palpo y ninguno sobrevive a la segunda inserción palpal. En el caso de *Nephila plumipes* el 60% de los machos no son canibalizados durante la cópula (Schneider & Elgar, 2001), y en *Araneus diadematus*, 15% fueron capturados después de la primera inserción palpal (Elgar y Nash, 1988).

El canibalismo sexual puede ser ventajoso para ambos sexos. Las hembras pueden consumir a los machos como una decisión de forrajeo para mejorar su fecundidad y los machos pueden sacrificar sus cuerpos para aumentar el éxito de la fertilización (Sasaki & Iwahashi, 1995; Elgar & Nash, 1988; Schneider & Elgar, 2001). Las hembras vírgenes maduras que son pequeñas y con pobre masa corporal, probablemente canibalizan más machos que las hembras que se encuentra en buenas condiciones (Schneider & Elgar, 2001).

*Alpaida veniliae* no discriminó para canibalizar entre machos con o sin cópulas previas, ni entre machos pequeños o grandes. Este último aspecto coincide con lo observado por otros autores en *Argiope bruennichi* (Fromhage & Schneider, 2005) y en *Argiope aurantia* (Foellmer & Fairbairn, 2004). Sin embargo, Elgar & Nash (1988), en *Araneus diadematus*, observaron que los machos grandes eran más canibalizados que los pequeños. El canibalismo sexual en *A. veniliae* no se relacionó con la duración de la cópula, al contrario de otras especies de la misma familia donde la cópula prolongada se asoció a un mayor canibalismo (Schneider & Lubin, 1998).

La relación entre la inserción de un determinado palpo y la presencia de una macro seta distal en el fémur de las patas III del macho y el canibalismo de la hembra, resulta difícil de explicar. Estudios más detallados de la cópula, serían necesarios para dilucidar estos aspectos.

## **CAPITULO IV**

### **EFFECTOS ECOTOXICOLÓGICOS EN ARAÑAS**

## INTRODUCCIÓN

### Efectos directos e indirectos de plaguicidas en arañas

En la naturaleza, los artrópodos depredadores pueden ser afectados por los plaguicidas en forma directa o por vía indirecta a través de los residuos o del consumo de presas contaminadas. El forrajeo sobre la superficie del suelo hace que estos organismos sean altamente susceptibles a los efectos de los plaguicidas utilizados dentro de los programas de control de plagas (Riechert & Lockley, 1984; Jepson, 1989). Para Jepson & Thacker (1990), la velocidad ambulatoria y el área de contacto del depredador sobre una superficie tratada, son factores que influyen la mortalidad cuando están expuestos a residuos tóxicos. Epstein *et al.* (2000) y Shaw *et al.* (2003) registraron un descenso en las poblaciones de invertebrados después de la aplicación de plaguicidas. También Burn (1989) y Sunderland *et al.* (1986) señalaron que la presencia de toxinas químicas decrece la abundancia de carábidos.

En relación a las arañas, numerosos autores han documentado el efecto negativo de los plaguicidas sobre las poblaciones de varias especies pertenecientes a las comunidades de distintos agroecosistemas (Dondale, 1972; Mansour *et al.*, 1980, 1981; Basedow *et al.*, 1985; Van der Berg *et al.*, 1990; Olszak *et al.*, 1992; Minervino, 1996; Pekár, 1999b, 1999c; Benamú & Aguilar, 2001; Bel'skaya & Esysunin, 2003; Benamú, 2004; Frampton & Van den Brink, 2007). Observaciones realizadas a campo por Pekár (1998) confirmaron el efecto nocivo de los insecticidas inmediatamente después de la aplicación, resultando en una notoria reducción de la abundancia de arañas, que se mantuvo, aparentemente, durante las cinco primeras semanas después de las aplicaciones. Según Pekár (1999 a,b,c) y Shaw *et al.* (2003) las arañas son altamente susceptibles a muchos plaguicidas, resultando en la disminución de sus poblaciones en cultivos agrícolas.

Algunas pruebas realizadas en laboratorio demostraron la susceptibilidad de *Chiracanthium mildei* (Clubionidae) a 17 plaguicidas, siendo mayormente afectados por cipermetrina (Mansour, 1987). Amalin *et al.* (2000) citan la susceptibilidad de *Hivana velox* (Anyphaenidae) a cinco plaguicidas de amplio espectro, siendo altamente tóxicos y causando el 100% de mortalidad, aún a las concentraciones más bajas ensayadas. En el caso de la susceptibilidad en individuos inmaduros, Pekár (2002) evaluó los efectos

de 17 plaguicidas sobre juveniles de *Theridion impressum* (Theridiidae), de los cuales, tanto los insecticidas de amplio espectro como los acaricidas, fungicidas y herbicidas evaluados, resultaron tóxicos para las arañas. En estudios de susceptibilidad de plaguicidas realizados por Mansour & Nentwig (1988) sobre 30 especies de arañas, observaron que los compuestos biológicos (de origen botánico), herbicidas y fungicidas no produjeron mortalidad, mientras que los piretroides, organofosforados y carbamatos causaron mortalidad media.

Bostanian *et al.* (1984), confirmaron la disminución de los niveles poblacionales de arañas por efecto de los plaguicidas, reduciendo la actividad de las arañas cazadoras y aún más la de las tejedoras. El efecto sobre sus poblaciones podría deberse a una combinación de factores que incluyen la muerte directa o indirecta (cambios fisiológicos), emigración e impactos en la calidad y suministro de comida (Epstein *et al.*, 2000; Tietjen, 2006; Tietjen & Cady, 2007).

Existen pocas investigaciones en relación al efecto del herbicida glifosato sobre la comunidad de arañas del cultivo de soja. Haughton *et al.* (1999, 2001a) no encontraron efectos tóxicos directos sobre la abundancia de arañas caminadoras después de fumigaciones con glifosato en los márgenes de campos agrícolas, pero si una reducción en la densidad de las dos especies más abundantes de arañas tejedoras, *Gonatium rubens* y *Lepthyphantes tenuis* (Linyphiidae). Debido a que en el laboratorio, Haughton *et al.* (2001b) no registraron efectos letales del glifosato técnico (620 g/l glifosato–isopropilamina) sobre la araña *L. tenuis*, sugirieron que bajo condiciones de campo, los cambios en la estructura de la vegetación y en el microclima causados por efecto del glifosato, serían los responsables de la reducción observada en las poblaciones de las arañas. Bell *et al.* (2002) no observaron efectos sobre la riqueza de especies, pero si una significativa reducción en la abundancia poblacional de algunas especies de arañas, la cual atribuyeron al efecto indirecto de la disminución de la altura de la vegetación y al incremento del porcentaje de cobertura de vegetación muerta, concluyendo que la comunidad de arañas, en su conjunto, es negativamente afectada por las aplicaciones de este herbicida. A su vez, SymonDEon *et al.* (2002) encontraron cambios en la dispersión de las arañas, en la disponibilidad de refugios y de sitios para construir la tela, en respuesta al cambio en la estructura de la vegetación.

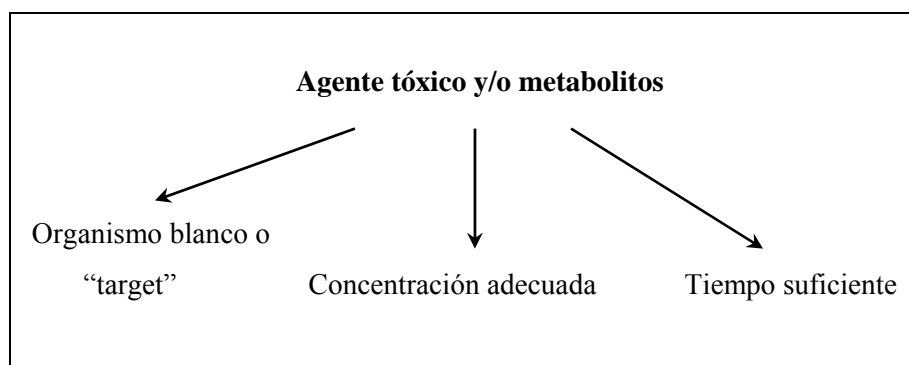
Si bien en condiciones de campo la calidad y estructura del hábitat pueden tener profundos efectos en las poblaciones de arañas, esto no excluye la existencia de otros posibles efectos directos y/o indirectos de las aplicaciones de glifosato.

En general, el impacto de los plaguicidas sobre los artrópodos benéficos se ha estimado mediante la evaluación de la toxicidad a través de la dosis letal media (DL<sub>50</sub>). Sin embargo, actualmente esta valoración se considera parcial y se ha comenzado a incorporar otros aspectos, tales como los efectos subletales, en las investigaciones ecotoxicológicas (Stark & Banks, 2003; Desneux *et al.*, 2007; Kogan & Jepson, 2007; Stark *et al.*, 2007).

La ecotoxicología estudia los efectos nocivos de las sustancias tóxicas sobre los organismos. Entre ellas, sobresalen las xenobióticas que son sustancias extrañas que no son producidas en la naturaleza o no son constitutivas de un sistema biológico específico (Newman & Unger, 2003). Los plaguicidas son sustancias xenobióticas ampliamente usados en la agricultura para combatir malezas y plagas.

Los bioensayos o pruebas de toxicidad son experimentos que miden el efecto de contaminantes sobre una o más especies (Reish & Oshida, 1987). La toxicidad puede ser aguda o crónica, dependiendo del tiempo de exposición al tóxico. En la aguda (exposición al tóxico por más de 48 h) se evalúan los efectos letales o a corto plazo, y en la crónica (exposición prolongada) los efectos subletales o a largo plazo (Newman & Unger, 2003).

Los factores que más influyen en la toxicidad de una sustancia determinada son la ruta de administración, la duración y la frecuencia de la exposición (Crane & Byrns, 2002). Para que se verifiquen efectos adversos de una exposición a tóxicos es necesario:



La ocurrencia de una respuesta tóxica depende de:

- Propiedades físico-químicas del agente tóxico.
- Modo de exposición.
- Susceptibilidad del organismo.

Para medir la toxicidad aguda de un tóxico, se expone al organismo por un corto tiempo a la dosis o concentración máxima y se evalúa como punto final (“*endpoint*”) la mortalidad frente al tóxico (efecto letal). Por el contrario, la toxicidad crónica se relaciona con las dosis o concentraciones por debajo de la letal y en donde el organismo es expuesto al tóxico por más tiempo y se evalúan efectos subletales.

Las pruebas agudas cuantifican la concentración letal de un xenobiótico dentro de las 24-48 h para una especie en particular. El valor calculado se denomina Dosis Letal Media (DL<sub>50</sub>) y representa la dosis que causa el 50% de mortalidad de una población dada al cabo de 48 h (Stenersen, 2004). La Dosis Letal Media se expresa en mg de tóxico / kg de peso corporal del animal, o mg de tóxico / animal (Stark & Banks, 2003).

En las pruebas de toxicidad crónica los individuos se exponen a dosis subletales durante muchos días, o incluso a lo largo del tiempo de vida del individuo (Rodríguez & Esclapés, 1995; Stark & Banks, 2003). Estas dosis no matan al organismo pero le afectan su fisiología y/o comportamiento, por ejemplo en los siguientes aspectos:

Efectos sobre el comportamiento	Efectos Fisiológicos
<ul style="list-style-type: none"><li>- Comunicación</li><li>- Locomoción</li><li>- Tasa de consumo (tiempo de búsqueda, tiempo de manipulación, etc.)</li><li>- Repelencia a la presa</li><li>- Oviposición</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tiempo de desarrollo</li><li>- Malformaciones</li><li>- Vigor</li><li>- Reproducción<ul style="list-style-type: none"><li>• Fecundidad</li><li>• Fertilidad</li></ul></li></ul>

Adaptado de Wright & Verker (1995).

Los efectos subletales en los organismos tienen una gran importancia, ya que si bien no causan la muerte directa, pueden afectar el desempeño de los individuos en el medio natural.

Los insecticidas son agentes de origen químico o biológico que controlan insectos, ya sea matándolos o impidiendo que tengan un comportamiento considerado dañino para los intereses del hombre (Ware & Whitacre, 2004). En la actualidad, el término plaguicida se usa más ampliamente e incluye a todos los productos químicos tóxicos, ya sea que se usen contra insectos, hongos, malezas y mamíferos.

Actualmente, existe una amplia gama de productos químicos utilizados como agentes de control de plagas y malezas, llamados en forma amplia plaguicidas, y que de acuerdo a su selectividad pueden agruparse en:

▪ ***Plaguicidas convencionales:***

Son plaguicidas sintéticos que surgen a partir de la segunda guerra mundial. Los principales grupos son: organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides. El modo de acción principal de estos compuestos es sobre el sistema nervioso central (SNC). Debido a su amplio espectro, están siendo substituídos por otros más selectivos como son los bioracionales.

▪ ***Plaguicidas bioracionales:***

Son aquellos plaguicidas de origen natural o sintético que tienen mayor selectividad, resultando más específicos hacia los organismos plaga. En general se los considera de baja toxicidad hacia el hombre y el medio ambiente. Por este motivo, son indicados para ser incluídos en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Ware & Whitacre, 2004).

**Plaguicidas utilizados en el cultivo de soja y su modo de acción**

- **Cipermetrina:** es un insecticida que pertenece al grupo de los piretroides (convencionales). Tiene acción neurotóxica, provocando hiperexcitación y



convulsiones en el insecto, seguido principalmente de ataxia y descoordinación, perdiendo la postura normal y la locomoción (Ware & Whitacre, 2004).

- **Endosulfan:** es un insecticida organoclorado (convencionales) que se encuentra entre los compuestos que bloquean los canales de cloro (receptores del SNC). Pertenece a uno de los grupos más antiguos de insecticidas (DDT y derivados), causando hiperexcitación y convulsiones. Actúan por envenenamiento del sistema nervioso central a causa del antagonismo del neurotransmisor inhibitor llamado ácido g-aminobutírico (GABA) (Ware & Whitacre, 2004).
- **Spinosad:** es un insecticida de origen natural (biorracionales) producido por la fermentación de la bacteria actinomiceto del suelo, *Saccharopolyspora spinosa*. Es una neurotoxina compuesta por una mezcla de las spinosinas A y D (de ahí su nombre spinosad). Este insecticida es muy activo por ingestión y algo menos por contacto. Su modo de acción se caracteriza por la hiperexcitación del sistema nervioso de los insectos, lo cual lleva a contracciones musculares involuntarias, postración con temblores, y parálisis en pocos minutos (Pineda *et al.*, 2004; Thompson *et al.*, 2004).
- **Metoxifenocida:** pertenece al grupo de los insecticidas reguladores del crecimiento de los insectos (Insect Growth Regulators – IGR), dentro del subgrupo de los MAC (Molting Accelerating CompoundE). Se consideran más selectivos que los insecticidas convencionales debido a su acción sobre insectos blanco específicos (lepidópteros) a nivel endócrino (Mommaerts *et al.*, 2006, Pineda *et al.*, 2010). Actúa mimetizando la ecdisona (hormona de la muda), y su mayor efecto es por ingestión que por contacto. La perturbación endócrina del insecto causa el cese de la alimentación (previo a la ecdisis o por aparición de doble cápsula cefálica) y una muda anticipada y letal (Mommaerts *et al.*, 2006). También produce defectos en los huevos, en la maduración de los órganos sexuales, alteraciones en el cuerpo graso y muchas veces provoca la expulsión del aparato digestivo (Wing *et al.*, 1988; Smagghe *et al.*, 1996; Pineda *et al.*, 2000; Carton *et al.*, 2002; Khebbeb *et al.*, 2008). Pertenece al grupo de los insecticidas biorracionales.

- **Glifosato:** Pertenece al grupo de los herbicidas organofosforados ((N-phosphonomethyl glycine). Tiene amplio espectro, alta solubilidad en agua, y es muy efectivo sobre especies de gramíneas, dicotiledóneas herbáceas de raíces profundas y arbustos leñosos (Blackburn & Boutin, 2003; Ware & Whitacre, 2004). Sus efectos sobre artrópodos han sido, hasta el momento, escasamente documentados (Tanigoshi & Congdon, 1983; Yokoyama *et al.*, 1984; Paoletti & Pimentel, 2000; Manzoni *et al.*, 2006, Schneider *et al.*, 2009). En el cultivo de soja transgénica RR (RoundUp Ready), este herbicida forma parte del paquete tecnológico y ha reemplazado, en gran parte, a los métodos mecánicos de control de malezas.

## OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este capítulo fue evaluar los efectos letales y subletales de distintos insecticidas y del herbicida glifosato usados en el cultivo de soja, tomando como modelo a la araña cazadora en suelo *Hogna poliostruma* (Araneae, Lycosidae) y a la tejedora orbicular *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae).

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los efectos letales de los insecticidas endosulfan, y spinosad, por contacto, en *H. poliostruma* y con endosulfan en *A. veniliae*.
- Determinar los efectos letales y subletales, por ingestión, de los insecticidas convencionales (cipermetrina y endosulfan) y biorracionales (spinosad y metoxifenocida), y del herbicida glifosato, en *A. veniliae*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Cría de arañas

#### *Hogna poliostruma*

Las arañas colectadas en el campo fueron acondicionadas en el bioterio en terrarios de vidrio (20 x 10 x 15cm) conteniendo en su interior tierra fina y un pequeño depósito con agua. Sólo se criaron las hembras adultas ovíparas, hasta la formación de la ooteca y emergencia de los juveniles. Éstos se mantuvieron con la madre por dos semanas, luego fueron colocados en forma individual en cajas de petri de 6 cm de diámetro y 1,5 cm de alto, y en su interior se colocó un algodón embebido en agua para mantener la humedad. Las condiciones ambientales del bioterio fueron:  $25 \pm 2$  °C de temperatura,  $75 \pm 5\%$  humedad relativa, y 16:8 (L: O) h de fotoperíodo.

Las hembras adultas fueron alimentadas con *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae) y *Musca domestica* (Diptera, Muscidae). Los juveniles de *H. poliostruma* fueron alimentados con *Drosophila melanogaster* (Diptera, Drosophilidae) hasta el séptimo estado, luego fueron alimentados con *M. domestica*.

#### *Alpaida veniliae*

Las arañas y ootecas colectadas en el campo fueron acondicionadas en el bioterio en cajas de petri de 6 cm de diámetro y 1,5 cm de alto, con un algodón embebido en agua para mantener la humedad. Las condiciones de temperatura, humedad y fotoperíodo fueron iguales que para *H. poliostruma*.

Los individuos emergidos de las ootecas fueron alimentados con *Drosophila melanogaster* hasta el sexto estado y luego con *Musca domestica* hasta adultos.

### 2. Cría de insectos presa

#### *Musca domestica* (Diptera, Muscidae)

La cría se inició con un núcleo pre-existente en el laboratorio del CEPAVE. Los adultos se mantuvieron en jaulas de aluminio (35 x 35 x 35 cm) revestidas con malla metálica y una manga de tela, para la manipulación y extracción de los mismos. En su interior se colocó algodón embebido en leche como fuente de alimentación y oviposición. En el interior de la jaula ocurrió la cópula y posteriormente la oviposición.

sobre el algodón embebido en leche. Los huevos y las larvas, ya emergidas, se retiraron del algodón para la cría en medios de cultivo específicos hasta completar todo el ciclo de desarrollo. Los medios de cultivo estuvieron compuestos de salvado de trigo “afrechillo” (375 g para un frasco de 500 g), levadura seca (40 g), jarabe de maíz alta fructuosa (30 ml), agua tibia (125 ml), y se mantuvieron a la temperatura del bioterio.

### ***Drosophila melanogaster* (Diptera, Drosophilidae)**

La cría se inició con un núcleo pre-existente en el laboratorio del CEPAVE. Los adultos, huevos y larvas se mantuvieron en frascos de 13 cm de alto y 6 cm de diámetro (350 ml), cuya boca se cubrió con una malla de tela fina con un orificio central tapado con algodón para la extracción de las moscas. En el interior de los mismos ocurrió la cópula y posteriormente la oviposición. Los frascos contenían el medio de cultivo compuesto de harina de maíz (250 g), jarabe de maíz alta fructuosa (60 ml), levadura seca (70 g), y agua, y se mantuvieron a la temperatura del bioterio.

### ***Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae)**

La cría se inició con un núcleo pre-existente en el laboratorio del CEPAVE. Los adultos, huevos y larvas se mantuvieron en cajas plásticas de (20 x 15 cm), conteniendo en su interior un sustrato de alimentación a base de salvado de trigo, de avena, o de algún otro cereal, y pan rallado.

## **3. Bioensayos**

### **3. 1. Contaminación por contacto (tópico)**

Para la realización de los bioensayos de toxicidad vía tópica, se utilizó un microaplicador “Microliter Syringe Hamilton” (Hamilton PB6000 Dispenser, Hamilton Co., Reno NV). Se aplicó 1,0 µl de las soluciones de los insecticidas sobre el dorso del abdomen de cada espécimen, previamente anestesiado por frío a baja temperatura. Las arañas utilizadas fueron hembras y machos subadultos de *A. veniliae* y juveniles del estado VII de *H. poliostoma*. Los individuos fueron individualizados y acondicionados en cajas de petri ventiladas de 6 cm de diámetro.

Las arañas utilizadas para todos los ensayos fueron mantenidas en cámaras de cría (incubadora frío-calor) Semedic SRL modelo I-290F, cuyas condiciones ambientales fueron  $25 \pm 0,5^{\circ}$  C de temperatura,  $75 \pm 5\%$  humedad relativa y un fotoperíodo de 16:8 (L: O) h. La cámara de cría está equipada con un control digital de temperatura, lo que permite la homogenización interna mediante circulación forzada de aire y una estabilidad de  $\pm 0,5^{\circ}$  C. El sistema de regulación de temperatura y humedad son controlados mediante un termohigrómetro digital con memoria para máximas y mínimas.

Los insecticidas y las concentraciones utilizadas de cada uno para cada especie de araña fueron:

- ***H. poliostoma***: spinosad (spinosad 48% Tracer<sup>®</sup>, Dow Agrosiences Arg.) a 120 mg/l, 60 mg/l, 30 mg/l y 10 mg/l i.a., y endosulfan (endosulfan 35% Glex<sup>®</sup>, Gleba SA Arg.) a 150 mg/l, 105 mg/l, 75 mg/l y 10 mg/l i.a.
- ***A. veniliae***: endosulfan (endosulfan 35% Glex<sup>®</sup>) a 150 mg/l, 105 mg/l, 50 mg/l, 25 mg/l, 1 mg/l y 0.5 mg/l i.a.

Las concentraciones de spinosad 120 mg/l i.a. y endosulfan 105 mg/l i.a. corresponden a las concentraciones de campo, normalmente utilizadas por los productores.

En todos los insecticidas se utilizó acetona (grado analítico) como disolvente, y los controles se trataron sólo con el disolvente. A todos los especímenes se les suspendió el suministro de presas una semana antes de los ensayos, y *a posteriori*, se les suministró presas (*Musca domestica*) normalmente.

***H. poliostoma***: cada unidad experimental consistió en 10 juveniles de estadio VII para cada dosis y para cada insecticida, colocados individualmente en cápsulas de petri. Se realizaron 3 réplicas por cada tratamiento. El peso promedio ( $\pm$  DE) de las arañas fue de  $0,0229 \pm 0,087$  g.

***A. veniliae***: cada unidad experimental consistió en 10 juveniles (7 hembras estado IX y 3 machos estado VIII) para cada dosis y para cada insecticida, colocados individualmente en cápsulas de petri. Se realizaron 3 réplicas de cada tratamiento. El peso promedio de las arañas subadultas hembras fue de  $0,0529 \pm 0,004$  g (media  $\pm$  DE) y el de los machos de  $0,0249 \pm 0,001$  g.

Para conocer la cantidad en  $\mu\text{g}$  de tóxico recibido por cada g de araña, se utilizó la siguiente fórmula (IOBC):

$$\mu\text{g/g araña} = \frac{(\text{concentración del producto}) \cdot (\text{tamaño de la gota})}{(\text{peso de la araña}) \times 10^6}$$

Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18: Cantidad de insecticida recibido por las arañas vía tópica, en las distintas concentraciones.

<b>Concentración</b>	<b>mg insecticida / g araña</b>	
<b>Endosulfan</b>	<b><i>Hogna poliostruma</i></b>	
150 mg/l	0,0065 g	
105 mg/l	0,0046 g	
75 mg/l	0,0032 g	
10 mg/l	0,0004 g	
<b>Spinosad</b>	<b><i>Hogna poliostruma</i></b>	
120 mg/l	0,0052 g	
60 mg/l	0,0026 g	
30 mg/l	0,0013 g	
10 mg/l	0,0004 g	
<b>Spinosad</b>	<b><i>Alpaida veniliae</i></b>	
	<b>Machos</b>	<b>Hembras</b>
150 mg/l	0,0060 g	0,0028 g
105 mg/l	0,0042 g	0,0020 g
50 mg/l	0,0020 g	0,0009 g
25 mg/l	0,0010 g	0,0005 g
1,0 mg/l	0,00004 g	0,00002 g
0,5 mg/l	0,00002 g	0,000009 g

#### **- Efectos letales**

En *H. poliostruma* se determinó la mortalidad acumulada sobre el número inicial de individuos tratados con spinosad y endosulfan a las 24, 144 y 312 h postratamiento, y en *A. veniliae* se determinó la mortalidad acumulada con endosulfan a las 24, 48 y 72 h

postratamiento. En *H. poliostruma*, además de la mortalidad se observó el efecto sobre la locomoción en los individuos sobrevivientes a partir de las 24 h postratamiento.

### **3. 2. Contaminación por vía oral de distintos plaguicidas en *Alpaida veniliae***

En los bioensayos de toxicidad vía oral el modo de aplicación fue por ingestión a través de la presa (*Musca domestica*) tratada mediante el método de inmersión (dipping), durante 20 segundos. Las arañas utilizadas fueron hembras adultas de *A. veniliae* con aproximadamente 15 días de adultez. Se utilizó acetona (GA) como disolvente, para asegurar la evaporación rápida y una disposición homogénea de la solución del plaguicida sobre la cutícula del organismo. Los controles se trataron sólo con el disolvente. A las arañas se les suministró presas sin tratar (control) y tratadas. A todos los especímenes se les suspendió el suministro de presas una semana antes de las pruebas, y después de las mismas se les suministró presas (*Musca domestica*) normalmente.

Los plaguicidas y las concentraciones utilizadas fueron las siguientes:

- Cipermetrina (formulada): (Glextrin25<sup>®</sup>, Gleba S.A., Argentina) 18,75 y 6,25 mg/l i.a., (75% y 25% de la concentración de campo).
- Cipermetrina (materia activa sola): grado técnico, 18,75 mg/l i.a.
- Endosulfan: (Endosulfan35Glex<sup>®</sup>, Gleba S.A., Argentina) 25 mg/l i.a. (23,8% de la concentración de campo).
- Spinosad: (Tracer<sup>®</sup>, Dow Agrosiences, Argentina) 30 y 3 mg/l i.a. (25% y 2,5% de la concentración de campo).
- Metoxifenocida: (Intrepid<sup>®</sup>, Dow Agrosiences, Argentina) 144 mg/l i.a. (concentración campo).
- Glifosato: Glifoglex 48<sup>®</sup>, Gleba SA, Argentina): (48% glyphosato) 192 mg/l i.a. (concentración máxima recomendada para su uso en campo) (CASAFA, 2007).

#### **- Efectos letales**

En esta especie se analizó la mortalidad por ingestión solo con el insecticida spinosad 30 mg/l i.a. (25% concentración de campo), ya que las concentraciones utilizadas de los restantes plaguicidas, no produjeron mortalidad. Cada unidad

experimental consistió en 10 hembras adultas, individualizadas y acondicionadas en cajas de petri de 6 cm de diámetro y ventiladas. Se realizaron 3 réplicas por tratamiento. A las arañas se les suministró una única vez presas tratadas, y se registró la mortalidad acumulada a las 24, 48, 72, 96, 120 y 144 h postratamiento.

#### **- Efectos subletales**

A fin de observar los distintos efectos subletales, un conjunto de hembras de edad similar fue manipulado de la siguiente manera: cada unidad experimental consistió en 10 hembras adultas, acondicionadas individualmente en cajas de petri de 6 cm de diámetro, convenientemente ventiladas. A las arañas se les suministró presas sin tratar (presa tratada con el solvente solo) y tratadas (residuo 0 días) con los distintos plaguicidas previamente detallados, durante 4 días consecutivos (toxicidad crónica), y las observaciones de los distintos efectos subletales se realizaron a las 24, 48, 72 y 96 h postratamiento.

#### **- Tasa de consumo de presa**

Diariamente se ofreció a cada araña una presa correspondiente a cada tratamiento. Los restos de presa no consumidos fueron retirados, antes del ofrecimiento de la siguiente presa, para ser observados bajo microscopio estereoscopio y calcular el porcentaje de consumo diario. Se utilizó una escala de 0 – 95% para evaluar el consumo, ya que el 5% restante corresponde a los restos de exoesqueleto y alas que no son consumidos. Se realizaron 6 réplicas por tratamiento.

Para determinar el efecto antialimentario de la presa tratada con un plaguicida en relación a una presa sin tratar, y entre el producto formulado (comercial) y la materia activa (grado técnico) del plaguicida, se realizó un experimento de libre elección utilizando cipermetrina. La unidad experimental en cada prueba consistió en 10 hembras adultas, individualmente acondicionadas en cajas de petri. Previo ayuno de una semana, a cada araña se le ofreció simultáneamente, durante dos días consecutivos, la siguiente alimentación: 1) una presa sin tratar (contaminada con el solvente solo) y una presa tratada con cipermetrina formulada (Glextrin25<sup>®</sup> 18,75 mg/l i.a.) simultáneamente, 2) una presa sin tratar (contaminada con el solvente solo) y una presa tratada con



cipermetrina grado técnico (materia activa sola, 18,75 mg/l i.a.). Se realizaron 3 réplicas por tratamiento. Se midió el porcentaje de consumo de cada presa, por día.

#### **- Construcción de la tela**

Una vez terminado el proceso de contaminación, las arañas fueron colocadas individualmente en bastidores de madera (15 x 10 x 5 cm) con vidrios corredizos, para observar la construcción de telas, las cuales fueron registradas a través de fotografía digitales, durante 20 días consecutivos. La forma y el promedio de radios y espiras de telas de las hembras control fueron consideradas normales a los fines de la comparación. Se realizaron 50 réplicas por tratamiento.

#### **- Cópula**

A los 21 días de terminada la contaminación oral, se introdujo un macho sin contaminar en cada bastidor de la hembra, previa alimentación de las mismas, tres horas antes, para evitar el canibalismo por hambre. Los machos se colocaron en la parte inferior del bastidor para que pudieran detectar los hilos de la hembra y realizar el respectivo cortejo y luego la cópula.

#### **- Desarrollo y estructura ovárica**

A los 15 días de la cópula, a 10 hembras seleccionadas al azar de cada tratamiento, se les realizó la disección para medir la longitud de los ovarios y el diámetro de los oocitos (mm) más desarrollados, correspondientes a la porción final de los ovarios, a través de un microscopio estereoscopio binocular. Las arañas restantes se mantuvieron vivas para el estudio de la fecundidad y fertilidad.

Se registró el efecto del insecticida metoxifenocida a nivel histológico de la estructura ovárica. Se tomó el desarrollo del oocito normal descrito por Nath (1928) y Choi & Moon (2003) a los fines de la comparación. Para este ensayo se usaron hembras adultas vírgenes provenientes de la colonia. Cinco de ellas fueron tratadas con metoxifenocida (144 mg/l i.a) y cinco usadas como control. Las hembras fueron alimentadas durante cuatro días consecutivos (toxicidad crónica). A las 48 h post-tratamiento las hembras fueron copuladas, y a las 72 h después de la cópula fueron sacrificadas en frío a -70 °C. Una vez muertas se les extrajo los ovarios por disección.

Las muestras fueron fijadas en glutaraldehído al 2% y buffer fosfato, 0,1 M pH 7, durante dos horas. Las mismas fueron lavadas con buffer PBS, dos veces durante 30 minutos cada vez, se postfijaron en tetróxido de osmio al 1%, y luego fueron deshidratadas con alcohol (GA) en una batería creciente (50°, 75°, 80°, 90°). Por último, se deshidrataron en acetona y se incluyeron en resina Epon<sup>®</sup> (Hayat, 2000). Una vez obtenidos los tacos de resina por polimerización con las muestras incluídas, se realizaron cortes semifinos de 1µm de espesor y se prepararon para su observación en microscopio de contraste de fase, con la finalidad de elegir las muestras más claras. Se realizaron cortes ultrafinos de 60 nm de los tacos de resina, con un ultra-micrótomo Supernova Reichert-Jum, y se montaron en grillas de cobre. Los cortes ultrafinos fueron contrastados con acetato de uranilo y citrato de plomo. Estas muestras fueron preparadas y examinadas en el laboratorio de Microscopía Electrónica de Transmisión (MET), con un MET JEM 1200 EX II de la Facultad de Veterinaria de la UNLP.

#### ***- Construcción de la ooteca y desarrollo de los huevos***

Considerando que el efecto subletal de los insecticidas se manifestaría desde la primera ooteca, en los distintos tratamientos se observó la construcción de las tres primeras ootecas, mientras que en el herbicida glifosato hasta la quinta. Las mismas fueron registradas a través de fotografías digitales. Una vez obtenidas las mismas, fueron abiertas para individualizar las masas de huevos normales, desecados o en estado de descomposición. Las ootecas y masas de huevos del control fueron considerados normales, para la comparación con los otros tratamientos.

#### ***- Fecundidad y Fertilidad***

El número de huevos y el porcentaje de eclosión de los mismos por ooteca para cada hembra y tratamiento, se determinó, bajo microscopio binocular.

#### ***- Tiempo de desarrollo de la progenie***

Se registró el tiempo de desarrollo desde la oviposición hasta la tercera muda (estado IV, etapa de dispersión), para cada tratamiento, pero sin discriminar el número de ooteca del cual provenían los individuos.

#### 4. Análisis estadístico

Para analizar las diferencias entre tratamientos en la mortalidad, en el diámetro de los oocitos, en el número de radios y espiras de la tela, en el tiempo de desarrollo postembriónico, y las tasas de consumo, se utilizó ANOVA, previa transformación arcoseno o  $\ln(x+1)$  de los datos. Las medias fueron separadas a través de la prueba de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. La homogeneidad de varianzas se verificó con la prueba de Bartlett. Cuando no se cumplieron los postulados del ANOVA se usó la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis y se realizó la comparación de las medianas mediante el método gráfico de Box and Wisker Plot. La construcción normal o anormal de las telas, ootecas, masas de huevos y huevos fueron analizadas mediante tablas de contingencia usando Chi Cuadrado o la Prueba Exacto de Fisher (Zar, 1996). Los datos de consumo de presa, fecundidad y fertilidad se compararon con un ANOVA de medidas repetidas de una vía. Previamente, se usó la prueba de esfericidad de Maunchley para ver si se cumplía la suposición de circularidad. Cuando este requisito no se cumplió se ajustaron los grados de libertad del estadístico F a través de la corrección de Greenhouse-Geisser (Scheiner & Gurevitch, 2001). Para todos los análisis estadísticos se utilizó un nivel de significancia de  $P \leq 0,05$ . Se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurion XV, versión 15.2.05. (StatPoint, Inc. 2007) y el programa STATISTICA versión 7 (StatSoft, Inc. 2004).

## RESULTADOS

### 1. Contaminación por contacto (tóxico)

#### ➤ Efectos letales en *H. polioostoma*

Los insecticidas ensayados mostraron diferencias en la mortalidad causada a *H. polioostoma*. También se registraron diferencias entre las horas a las cuales se observó la mortalidad, y existió una interacción entre los tratamientos y las horas de observación (Tabla 19 y Fig. 32).

Tabla 19. Resultados del ANOVA de medidas repetidas de la mortalidad a las 24, 144 y 312 h postratamiento, para los distintos tratamientos en *Honga poliostroma*.

<b>Factor</b>	<b>g. l. Efectos</b>	<b>g. l. Error</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Tratamientos</b>	8	18	163,15	<0,001
<b>Horas</b>	2	36	214,32	<0,001
<b>Interacción</b>	16	36	31,98	<0,001

El tratamiento con endosulfan 10 mg/l no exhibió mortalidad durante todo el experimento, las concentraciones de 75, 105 y 150 mg/l produjeron una elevada mortalidad que excedió el 70% a las 24 h postratamiento, matando un 83,3% a las 144 h a la concentración de 150 mg/l. El de spinosad 10 mg/l no causó mortalidad a las 24 h, solo aproximadamente 15% a las 144 y 312h. A las concentraciones de 30, 60 y 120 mg/l causó porcentajes de mortalidad entre el 17 y 37% a las 24 h, mientras que la mortalidad causada a las 144 y 312 h fue muy superior, llegando a valores del 90%. En estos tratamientos se observó una interacción entre los porcentajes de mortalidad y las horas de observación, indicando un incremento importante entre las 24 y 144 h. El patrón de mortalidad exhibido por ambos insecticidas fue diferente, ya que el endosulfan (75, 105 y 150 mg/l) produjo una elevada mortalidad a las 24 h, y solo se incrementó levemente a las 144 h, mientras que con el spinosad (30, 60 y 120 mg/l) la mortalidad producida a las 24 h fue relativamente baja y aumentó recién a las 144 y 312 h, alcanzando porcentajes que superaron el 80%. El tratamiento control solo exhibió una leve mortalidad (3%) a las 312 h (Fig. 32).

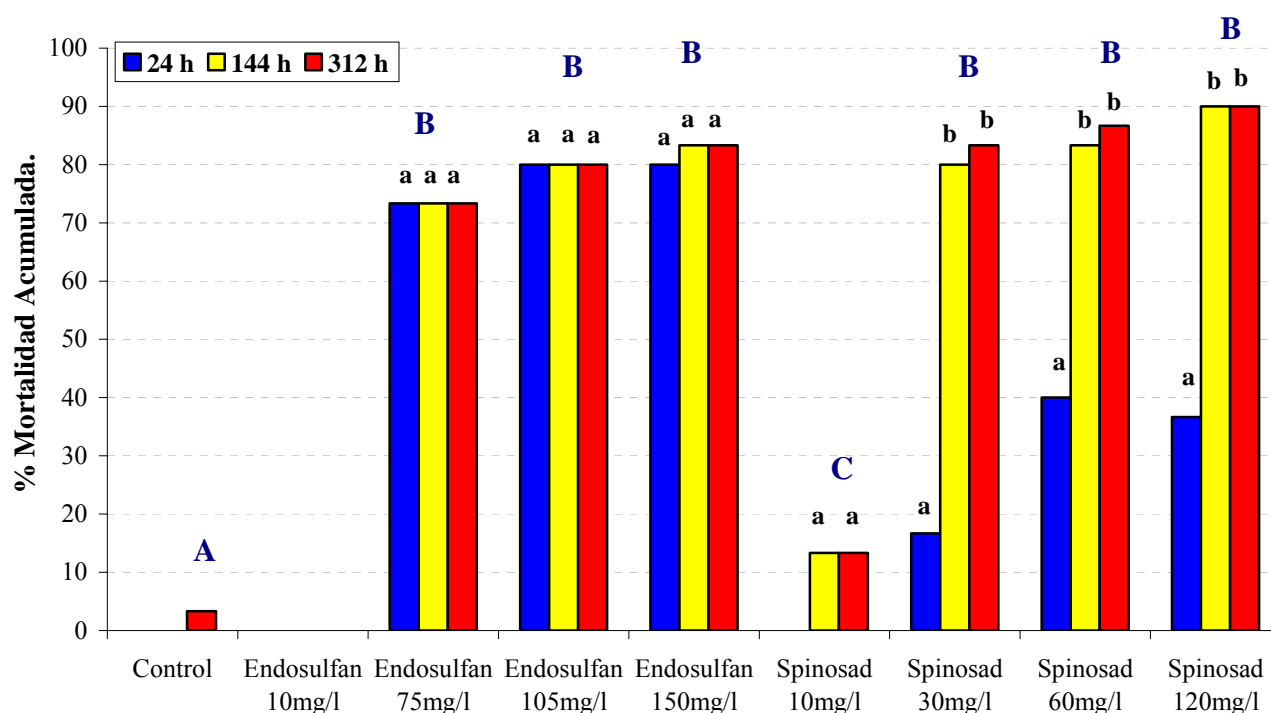


Fig. 32: Mortalidad acumulada de cada tratamiento en las sucesivas horas de observación, en *Hogna poliostoma*. Letras minúsculas iguales dentro de un mismo tratamiento indican que no hubo diferencias entre las horas de observación. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias entre tratamientos.

En los individuos sobrevivientes luego de 24 h postratamiento, se observó diferencias en la parálisis de las patas IV. Debido a que con endosulfan la mayor proporción de mortalidad ocurrió a las 24 h, no se registró parálisis en las horas sucesivas, mientras que con spinosad hubo un alto porcentaje de parálisis de patas IV (arrastre de las mismas durante la locomoción), acompañando al proceso de muerte, luego de las 24 h. No existió interacción entre tratamientos y las horas de observación (Tabla 20).

Tabla 20. Resultados del ANOVA de medidas repetidas del porcentaje acumulado de parálisis de patas IV en arañas juveniles de *Honga polioostoma* a las 24, 144 y 312 h postratamiento, para los distintos tratamientos.

<b>Factor</b>	<b>g. l. Efectos</b>	<b>g. l. Error</b>	<b>P</b>	<b>g. l. <sup>a</sup> Efectos</b>	<b>g. l. <sup>a</sup> Error</b>	<b>F</b>	<b>P <sup>a</sup></b>
<b>Tratamientos</b>	8	18	<0,001			10,37	<0,001
<b>Horas</b>	2	36	0,006	1,25	22,48	6,01	0,02
<b>Interacción</b>	16	36	0,65	9,99	22,48	0,83	0,61

**a** : g.l. ajustados por la prueba de Greenhouse-Geisser ( $\epsilon = 0,62$ )

En el control y en endosulfan 10 mg/l y spinosad 10 mg/l no se observó parálisis de patas IV. Las restantes concentraciones de endosulfan (75, 105 y 150 mg/l) causaron un bajo y similar porcentaje de parálisis a las 24 h postratamiento. Este insecticida causó una elevada mortalidad a las 144 y 312 h pero sin manifestar parálisis de patas. El spinosad de 30 y 60 mg/l produjo un pequeño porcentaje de parálisis a las 24 y 144 h, mientras que a 120 mg/l produjo, desde las 24 h una parálisis de patas IV significativamente superior a la de las otras concentraciones y alcanzó un máximo de 83,34% a las 312 h postratamiento (Fig. 33).

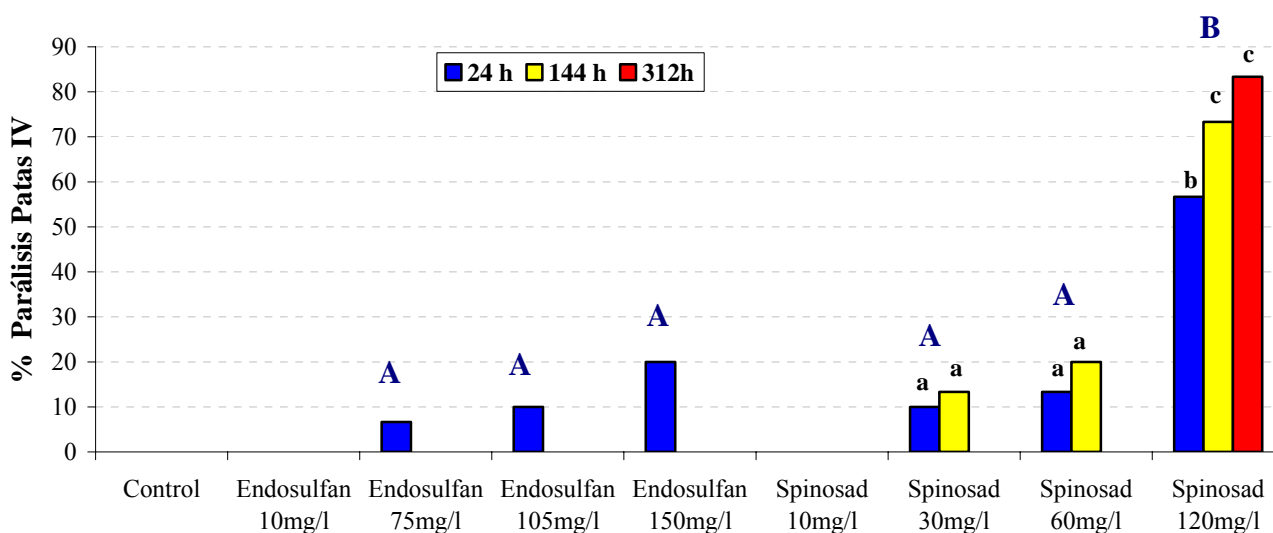


Fig. 33: Porcentaje acumulado de parálisis de patas IV, en las sucesivas horas de observación para cada tratamiento, en *Hogna polioostoma*. Letras minúsculas

iguales dentro de un mismo tratamiento significan que no hubo diferencias significativas entre las horas de observación. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

➤ **Efectos letales en *A. veniliae***

Se observaron efectos letales con las distintas concentraciones de endosulfan, pero no hubo diferencias en el efecto de éstos en las distintas horas de observación, ni interacción entre tratamientos y el tiempo (Tabla 21).

Tabla 21: Resultados del ANOVA de medidas repetidas de la mortalidad acumulada a las 24, 48 y 72 h postratamiento, causada por distintas concentraciones de endosulfan en *Alpaida veniliae*.

<b>Factor</b>	<b>g. l. Efectos</b>	<b>g. l. Error</b>	<b>P</b>	<b>g. l. <sup>a</sup> Efectos</b>	<b>g. l. <sup>a</sup> Error</b>	<b>F</b>	<b>P <sup>a</sup></b>
<b>Tratamientos</b>	6	14	<0,001			248,0	<0,001
<b>Horas</b>	2	28	0,16	1,00	14,00	1,98	0,18
<b>Interacción</b>	12	28	0,61	6,000	14,00	0,84	0,56

**a** : g.l. ajustados por la prueba de Greenhouse-Geisser ( $\epsilon = 0,50$ )

En el control y en los tratamientos con endosulfan 0,5 y 1,0 mg/l no se observó mortalidad durante los 3 días postratamiento. Las concentraciones de 25 y 50 mg/l produjeron una mortalidad que apenas superó el 13%. La concentración 105 mg/l (concentraciones de campo) alcanzó valores del 33%, y la de 150 mg/l mató al 83% de los individuos en las primeras 24 h post-tratamiento. Se observó que, al igual que con *H. poliostruma*, este insecticida produce la mortalidad a las 24 h postratamiento (Fig. 34).

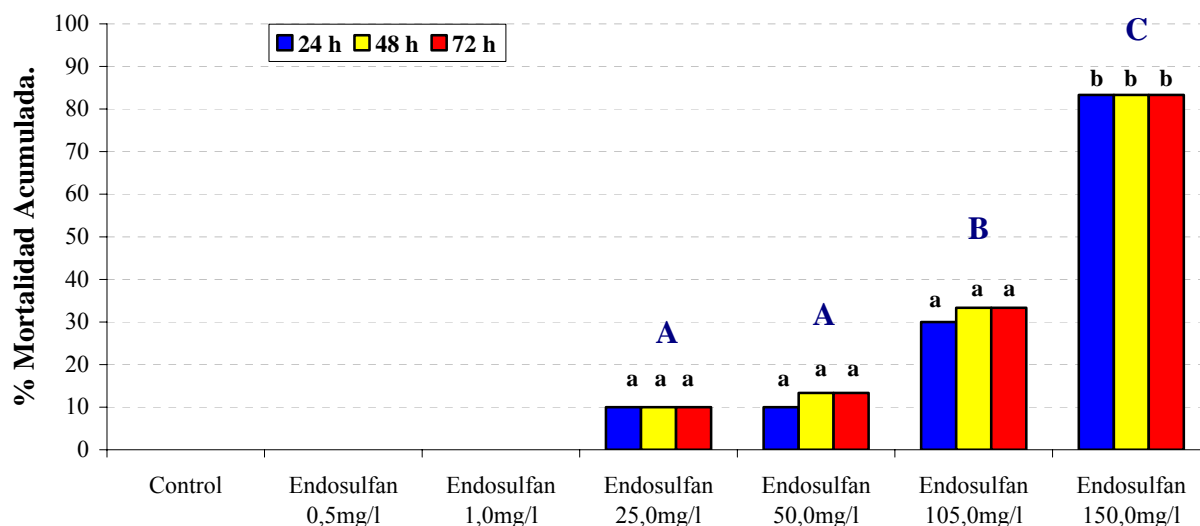


Fig. 34: Mortalidad acumulada de distintas concentraciones de endosulfan en las sucesivas horas de observación, en *Alpaida veniliae*. Letras minúsculas iguales dentro de un mismo tratamiento significan que no hubo diferencias significativas entre las horas de observación.

Cuando se discriminó la mortalidad acumulada a las 24, 48 y 72 h entre sexos para las distintas concentraciones de endosulfan, los resultados indicaron que no existieron diferencias significativas entre ambos (Tabla 22).

Tabla 22: Resultados de la prueba exacta de Fisher de las diferencias en la mortalidad causada por distintas concentraciones de endosulfan, en ambos sexos de *Alpaida veniliae*.

Concentración	24 h	48 h	72 h
150 mg/l	P = 0,652	P = 0,328	P = 1,000
105 mg/l	P = 0,161	P = 0,218	P = 0,483
50 mg/l	P = 0,061	P = 0,032	P = 0,032
25 mg/l	P = 0,636	P = 0,636	P = 0,636



## 2. Efectos de distintos insecticidas en *Alpaida veniliae*, por vía oral

### - Efectos letales

El spinosad a la concentración de 30 mg/l causó una mortalidad acumulada que difirió del control, entre las horas de observación y presentó una interacción entre ambos factores. En el tratamiento control no se registró mortalidad durante el experimento (Tabla 23).

Tabla 23: Resultados del ANOVA de medidas repetidas de la mortalidad acumulada a las 24, 48, 72, 96, 120 y 144 h postratamiento, causada por el insecticida spinosad 30 mg/l (25% concentración de campo) en *Alpaida veniliae*.

Factor	g. l. Efectos	g. l. Error	P	g. l. <sup>a</sup> Efectos	g. l. <sup>a</sup> Error	F	P <sup>a</sup>
Tratamientos	1	4	<0,001			233,91	<0,001
Horas	5	20	<0,001	1,00	4,00	8,60	0,04
Interacción	5	20	<0,001	1,00	4,00	8,60	0,04

<sup>a</sup> : g.l. ajustados por la prueba de Greenhouse-Geisser ( $\epsilon = 0,20$ )

A las 24 h postratamiento el insecticida ya había matado al 66,67% del total, el cual se incrementó al 86,67% a las 96 h, y se mantuvo hasta las 144 h de observación (Fig. 35).

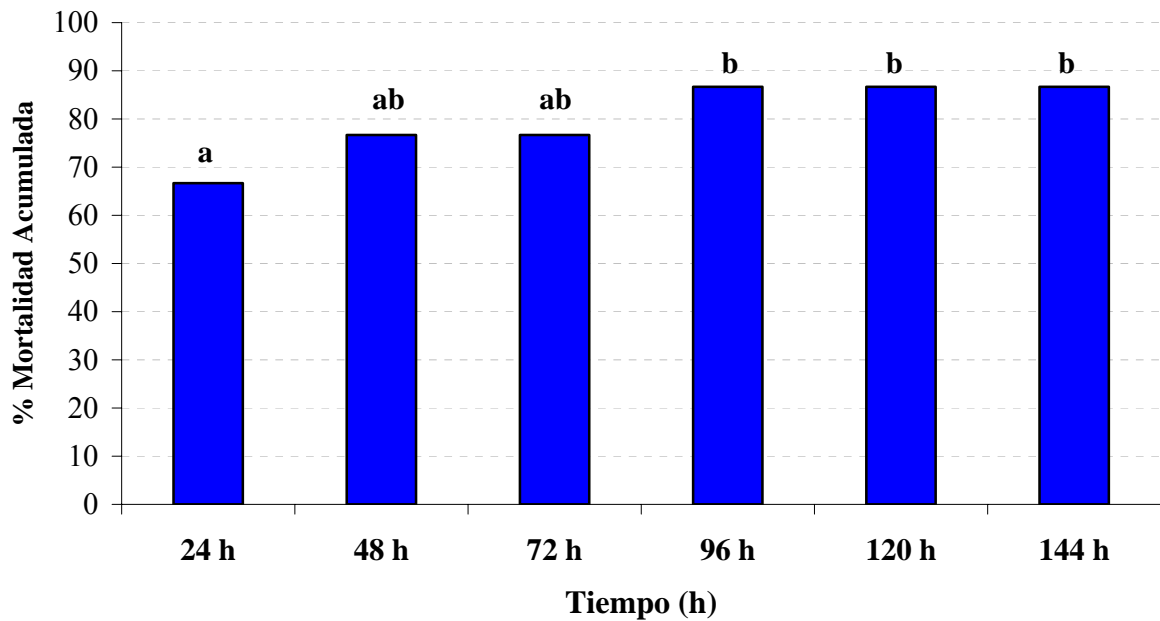


Fig. 35: Mortalidad acumulada causada por spinosad a 30 mg/l, en las sucesivas horas de observación en *Alpaida veniliae*. Letras minúsculas iguales significan que no hubo diferencias significativas entre las horas de observación.

De las arañas que murieron durante las 24 h postratamiento, el 30% regurgitó la presa contaminada ( $P = 0,012$ ), y el 40% mantuvo la presa entre los quelíceros ( $P = 0,002$ ) (Fig. 36). Las pocas arañas que sobrevivieron manifestaron temblores e incoordinación de movimientos pasadas las 96 h postratamiento, y no construyeron tela.



Fig. 36: Efectos letales de spinosad a 30 mg/l en *Alpaida veniliae*. Araña muerta con presa contaminada entre los quelíceros.

## - Efectos subletales

### ➤ Consumo de la presa

Los insecticidas utilizados, en sus distintas concentraciones, afectaron la tasa de consumo de la presa, pero no se observó una relación entre el consumo y el tiempo transcurrido postratamiento. Existió una interacción significativa entre tratamientos y el tiempo (Tabla 24 y Fig. 37).

Tabla 24: Resultados del ANOVA de medidas repetidas de los porcentajes de presas consumidas a las 24, 48, 72 y 96 h postratamiento, con los distintos insecticidas en *Alpaida veniliae*.

Factor	g. l. Efectos	g. l. Error	P	g. l. <sup>a</sup> Efectos	g. l. <sup>a</sup> Error	F	P <sup>a</sup>
Tratamientos	5	354	<0,001			273,39	<0,001
Horas	3	1062	0,56	2,88	1021,73	0,69	0,55
Interacción	15	1062	<0,001	14,42	1021,73	3.01	<0,001

<sup>a</sup> : g.l. ajustados por la prueba de Greenhouse-Geisser ( $\epsilon = 0,96$ )

El consumo de la presa fue similar al control con los insecticidas endosulfan, spinosad y metoxifenocida. Con ambas concentraciones de cipermetrina el consumo fue significativamente más bajo que en los otros tratamientos, correspondiendo a la concentración de 18, 75 mg/l cipermetrina (75% concentración de campo) el consumo más bajo, que fue del 15%. En el tratamiento con 6,25 mg/l (25% concentración de campo) se alcanzó un consumo del 44%, y una interacción significativa con el tiempo ya que el consumo descendió a las 72 h postratamiento. El consumo de la presa en los restantes tratamientos con los otros insecticidas evaluados varió entre el 83 y el 93% (Fig. 37).

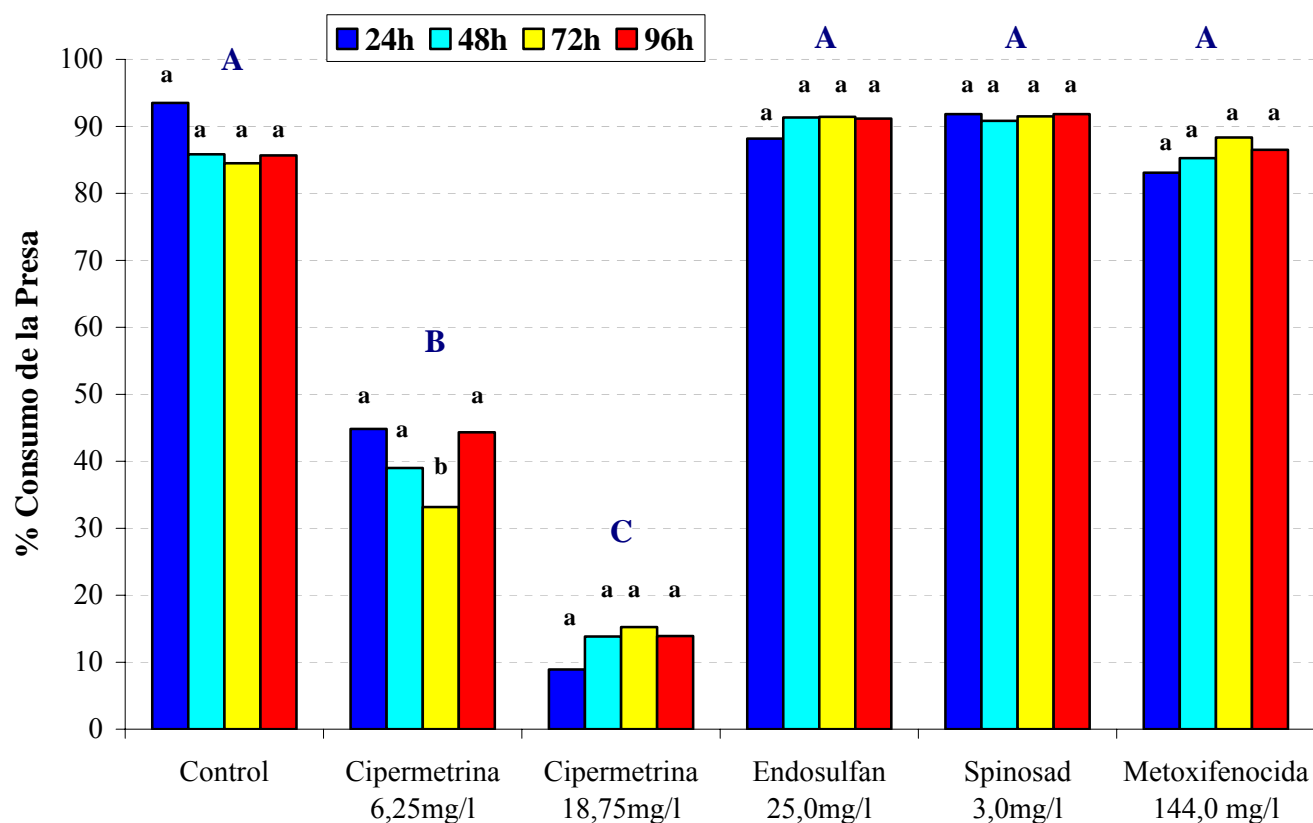


Fig. 37: Consumo de la presa con los distintos insecticidas, durante las 24, 48, 72 y 96 h postratamiento en *Alpaida veniliae*. Letras minúsculas iguales dentro de un mismo tratamiento significan que no hubo diferencias significativas entre las horas de observación. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

En las pruebas de libre elección, existieron diferencias en el consumo de la presa cuando *A. veniliae* fue expuesta simultáneamente a una presa tratada con cipermetrina formulada y una control, a las 24 h ( $H= 39,64$ ;  $P<0,01$ ) y a las 48 h ( $H= 48,33$ ;  $P<0,01$ ). En ambos casos, existió un rechazo evidente de la presa tratada ya que los porcentajes de consumo variaron entre el 1 y 2% (Fig. 38).

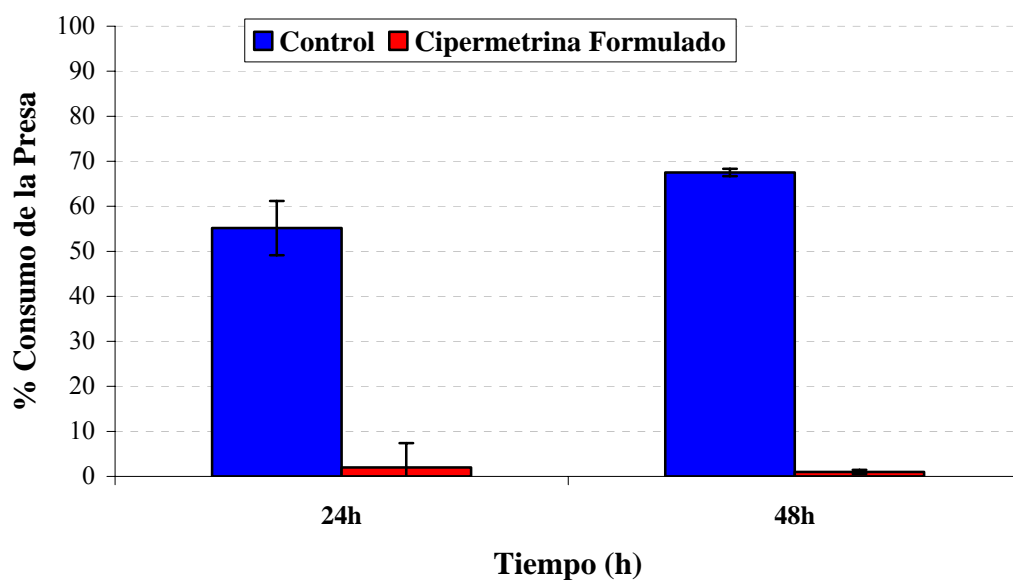


Fig. 38: Consumo de la presa control y tratada con cipermetrina formulado a las 24 y 48h en *Alpaida veniliae*. Las líneas verticales indican ES.

En cambio, cuando la presa se trató con cipermetrina técnica, si bien existió un mayor patrón de consumo de la presa control a las 24 h, este no fue significativo ( $F_{1,58} = 2,83$ ;  $P = 0,10$ ), mientras que si lo fue a las 48 h ( $H = 6,22$ ;  $P = 0,01$ ). Los porcentajes de consumo de la presa tratada con cipermetrina técnica estuvieron alrededor del 70% (Fig. 39). Estos resultados indicarían que las arañas pueden discriminar la presa tratada con cipermetrina formulada, mientras que con la cipermetrina técnica a las 48 h manifestaría un leve rechazo.

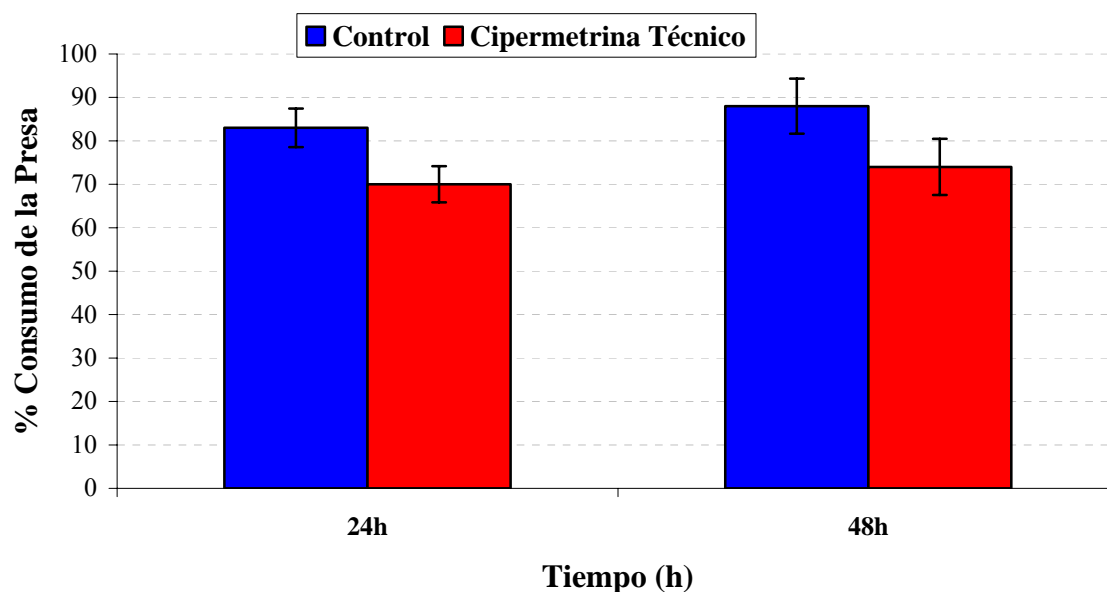


Fig. 39: Consumo de presa por arañas (*Alpaida veniliae*) tratadas y no tratadas con cipermetrina (producto técnico) a las 24 y 48h. Las líneas verticales indican ES.

#### ➤ Construcción de la tela

Todas las hembras control construyeron telas normales a partir del día siguiente de ser colocadas en el bastidor. Los insecticidas afectaron el número de arañas que llegaron a construir telas ( $\chi^2 = 111,73$ ;  $P < 0,001$ ), y el tiempo que tardaron las mismas en construirla. Con cipermetrina 18,75 mg/l (75% concentración campo) las arañas construyeron tela recién el día 20 postratamiento, mientras que con los restantes insecticidas lo hicieron el día 9, y fue el insecticida que más afectó la construcción de tela, fundamentalmente a esta concentración. El efecto de spinosad, endosulfan y metoxifenocida fue similar entre ellos (Fig. 40).

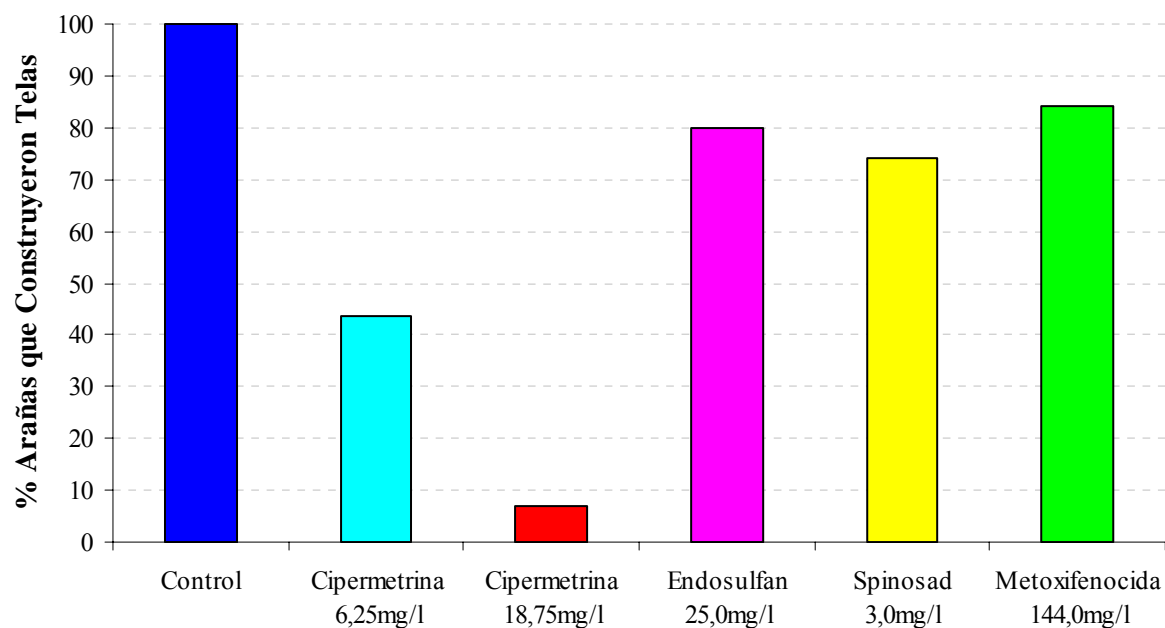
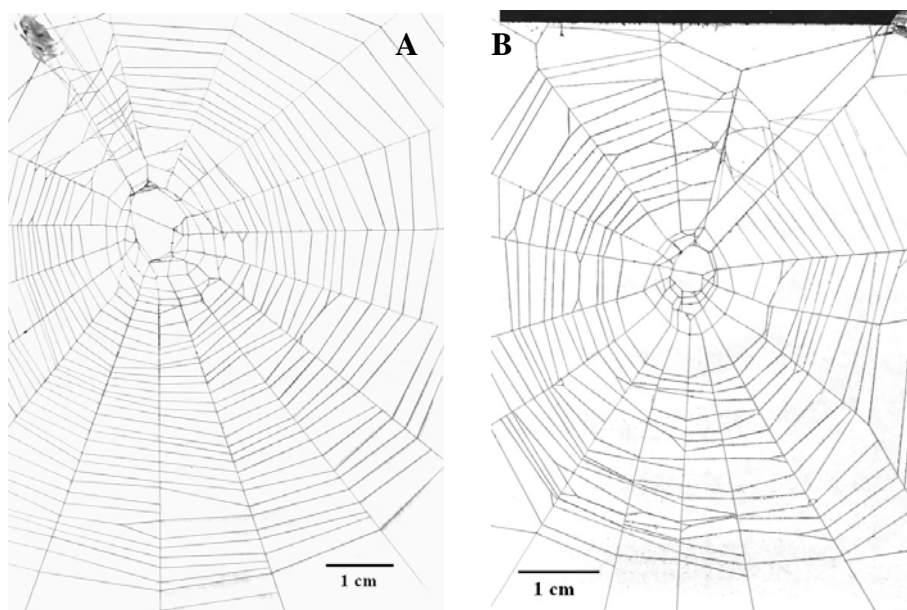


Fig. 40: Porcentaje del número inicial de *Alpaida veniliae* que construyó tela en cada tratamiento durante los 20 días de observación post-tratamiento.

Las telas correspondientes a las arañas tratadas con los distintos insecticidas presentaron defectos en la construcción, a nivel de la forma y del número de radios y espiras, siendo el número de éstos significativamente menor que en el control (Tabla 9). En algunos casos no presentaron las espiras de captura (Fig. 41).



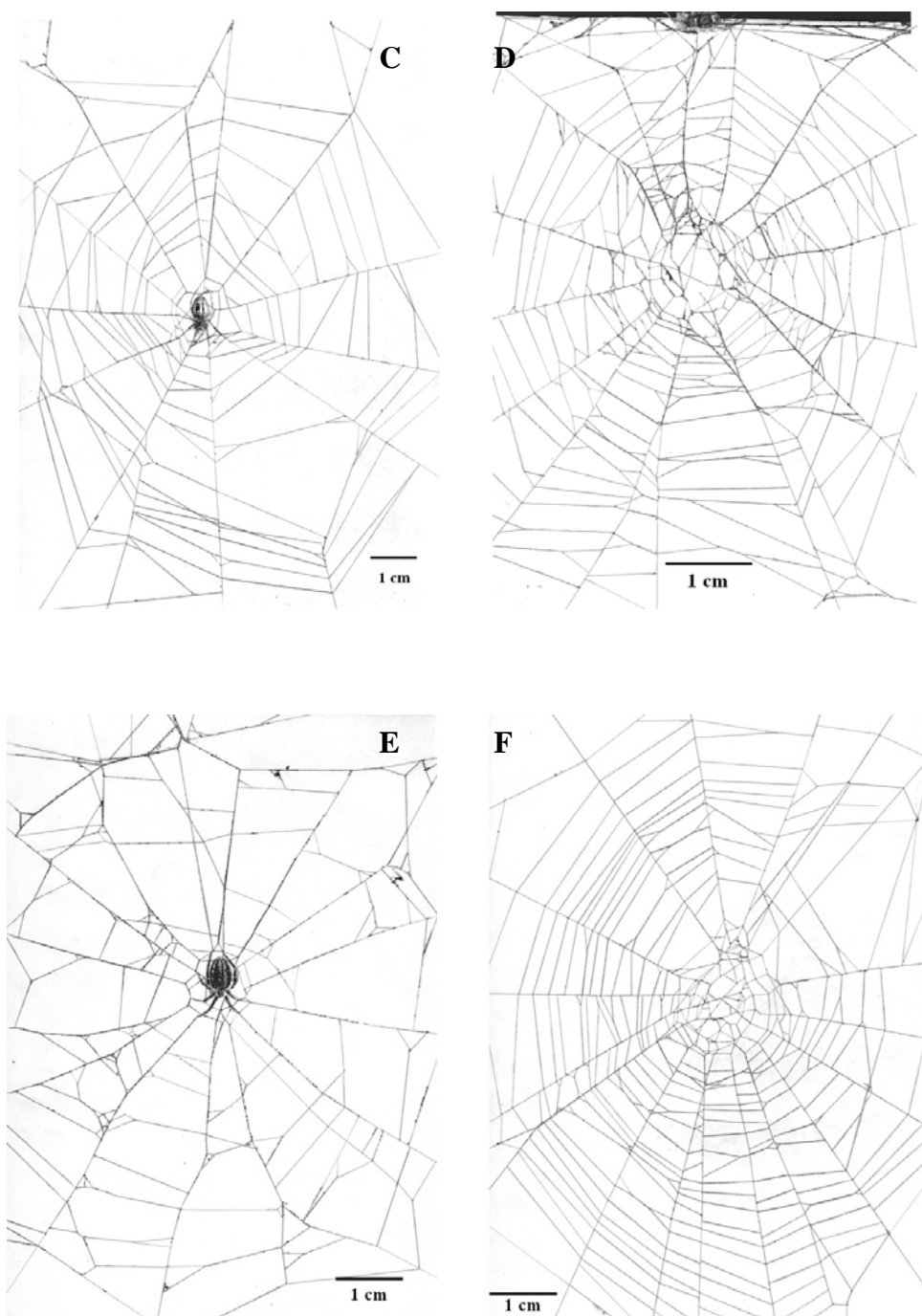


Fig. 41: Telas orbiculares construídas por arañas (*Alpaida veniliae*) tratadas con diferentes insecticidas. A: tela normal (control). B: cipermetrina (25% concentración de campo). C: cipermetrina (75% concentración de campo). D: endosulfan (23,8% concentración de campo). E: spinosad (2,5% concentración de campo). F: metoxifenocida (100% concentración de campo).



El número promedio de radios y espiras difirió entre las telas correspondientes a los distintos tratamientos. Las arañas del tratamiento control mostraron el mayor número de radios y espiras (Tabla 25).

Tabla 25: Estructura de la tela orbicular de las hembras de *Alpaida veniliae* tratadas con los distintos insecticidas.

Tela Orbicular	TRATAMIENTOS (Promedio $\pm$ DE)						Prueba Estadística*
	Control	Cipermetrina 6,25 mg/l	Cipermetrina 18,75 mg/l	Endosulfan 25 mg/l	Spinosad 3 mg/l	Metoxifenocida 144 mg/l	
<b>Radios</b>	19,14 $\pm$ 1,27 a	18,1 $\pm$ 1,41 a	13,02 $\pm$ 3,06 b	15,81 $\pm$ 1,67 c	12,45 $\pm$ 2,31 b	15,48 $\pm$ 2,15 c	H= 124,36; P < 0,001
<b>Espiras</b>	29,72 $\pm$ 2,17 a	25,35 $\pm$ 4,57 b	20,46 $\pm$ 3,02 c	22,91 $\pm$ 4,44 ab	17,59 $\pm$ 6,06 d	22,42 $\pm$ 5,47 bc	H= 81,22; P < 0,001

\* Prueba Kruskal-Wallis. Letras minúsculas iguales en una misma línea significan que no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

### ➤ Cópula

No se observó ningún tipo de efecto subletal durante la cópula, ésta se realizó normalmente entre hembras vírgenes contaminadas con los distintos insecticidas y machos sin contaminar. Aunque algunas telas no tenían la forma orbicular o se encontraban incompletas, igualmente los machos cortejaron y las hembras respondieron al cortejo. La cópula fue realizada en el hilo que colocó el macho (“hilo de apareamiento”), cercano a la tela de las hembras.

### ➤ Desarrollo y estructura ovárica

A través de la disección de los ovarios de las arañas tratadas con los distintos insecticidas, se pudieron observar en todos ellos, a excepción del tratamiento con metoxifenocida, la presencia de cuerpos grasos alrededor de los oocitos (Fig. 42, 43, 44, 45 y 46).

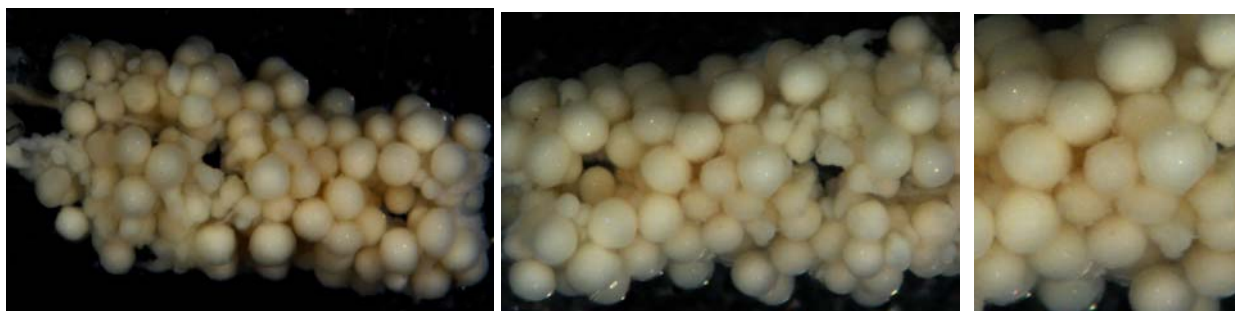


Fig. 42: Ovarios y oocitos de *Alpaida veniliae* (arañas control).

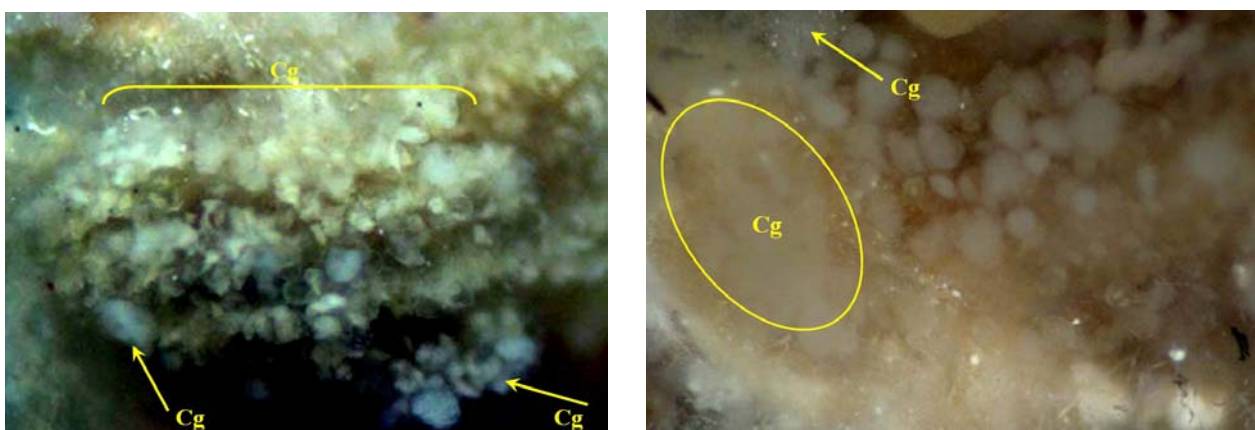


Fig. 43: Efecto de cipermetrina sobre oocitos de *Alpaida veniliae*. Oocitos no diferenciados o anormales. Presencia de cuerpos grasos (Cg).

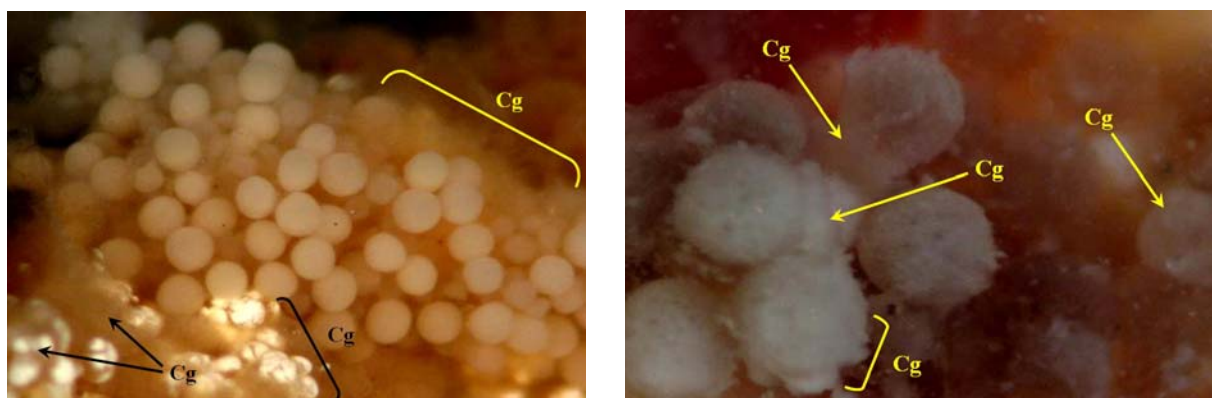


Fig. 44: Efecto de endosulfan sobre oocitos de *Alpaida veniliae*. Presencia de cuerpos grasos (Cg).

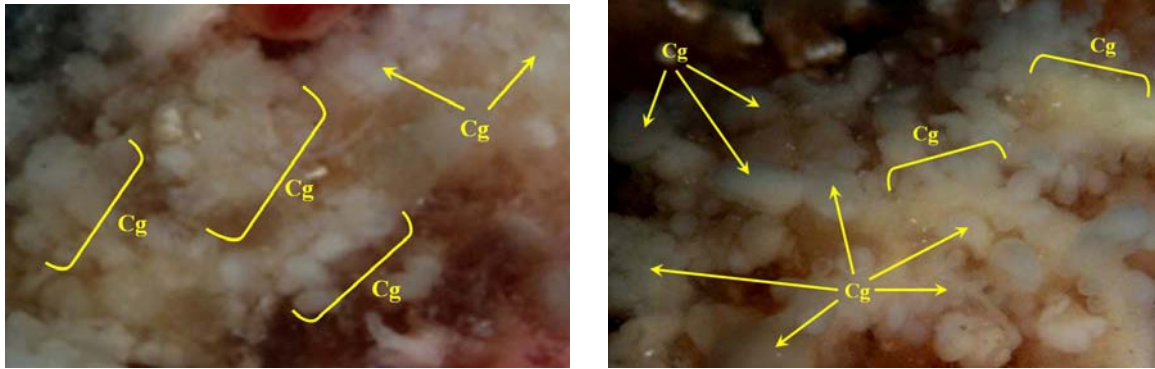


Fig. 45: Efecto de spinosad sobre oocitos de *Alpaida veniliae*. Oocitos no diferenciados o anormales. Presencia de cuerpos grasos (Cg).

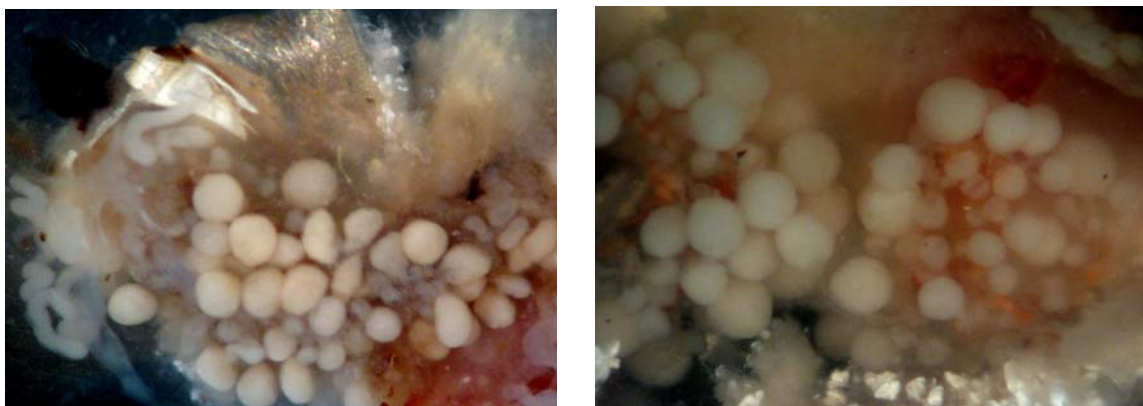


Fig. 46: Efecto de metoxifenocida sobre oocitos de *Alpaida veniliae*. No se observa presencia de cuerpos grasos.

El diámetro de los oocitos de la porción final de los ovarios difirió entre tratamientos ( $H = 74,47$ ;  $P < 0,001$ ). El de los oocitos control fue semejante al de las arañas tratadas con metoxifenocida, mientras que el de los restantes insecticidas presentaron valores más bajos. Los oocitos de menor diámetro correspondieron al spinosad (Fig. 47).

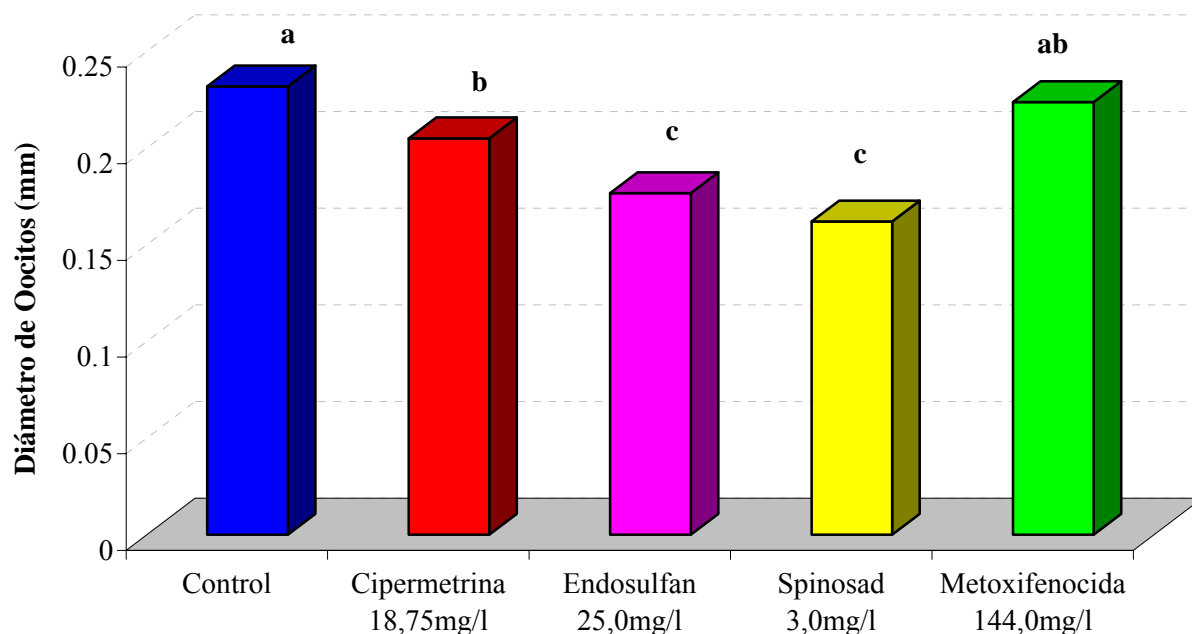
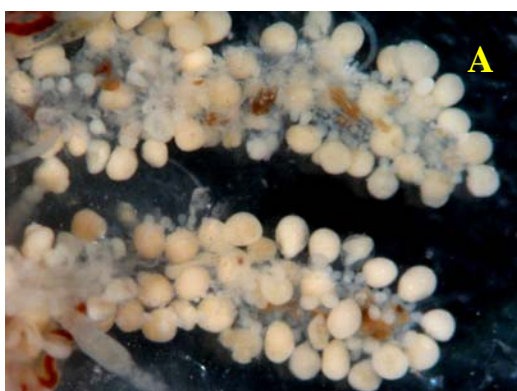


Fig. 47: Diámetro de los oocitos de la porción final de los ovarios de *Alpida veniliae*. Letras minúsculas iguales entre tratamientos indican que no hubo diferencias significativas.

#### - Efectos del insecticida metoxifenocida en la ultra-estructura del tejido ovárico

Los ovarios son pares y ubicados longitudinalmente en la parte ventral del abdomen de la araña, constituidos por un epitelio ovárico y numerosos oocitos en vías de desarrollo y maduros. Mediante cortes histológicos se pudo observar claramente el epitelio ovárico, los oocitos y los funículos que unen el epitelio ovárico con los oocitos. Estos se desarrollan como racimos de uvas que cuelgan de los ovarios (Fig. 48).



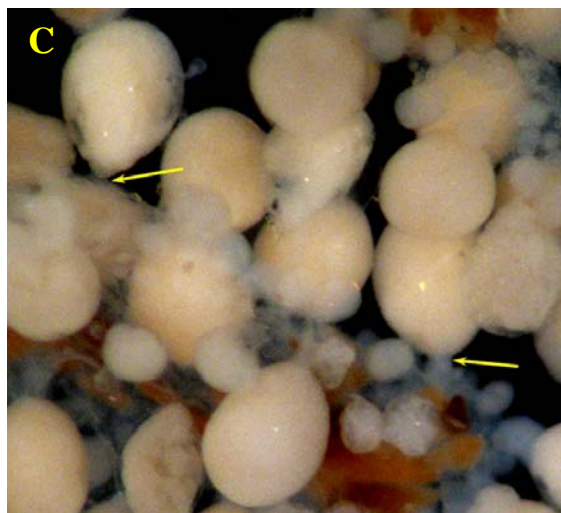


Fig. 48: Ovarios extraídos de *Alpaida veniliae*. A: ovarios pares, B: disposición de oocitos sobre el epitelio ovárico, C: oocitos conectados al epitelio ovárico por funículos (*funiculus*).

Los oocitos maduros presentan gránulos grandes en el citoplasma, ribosomas, retículos endoplásmaticos, cuerpos lipídicos, membrana vitelina y membrana coriónica.

En los cortes del epitelio ovárico el aspecto del oocito tratado con metoxifenocida fue distinto al control (Fig. 49). Se observó una gran desorganización celular y algunas células inactivas (Fig. 50). Los procesos de desarrollo y vitelogénesis fueron similares a los del control, aunque se observaron algunos procesos degenerativos en la constitución celular del oocito maduro, como formaciones de doble pared celular en el corion, diferencias en el espesor de la membrana coriónica, y digestión incompleta de materiales celulares (Fig. 51).

De esta forma se evidencia que el efecto del tratamiento de metoxifenocida por ingestión, a través de presas contaminadas, produce trastornos a la hembra de *A. veniliae* a nivel del sistema reproductor.



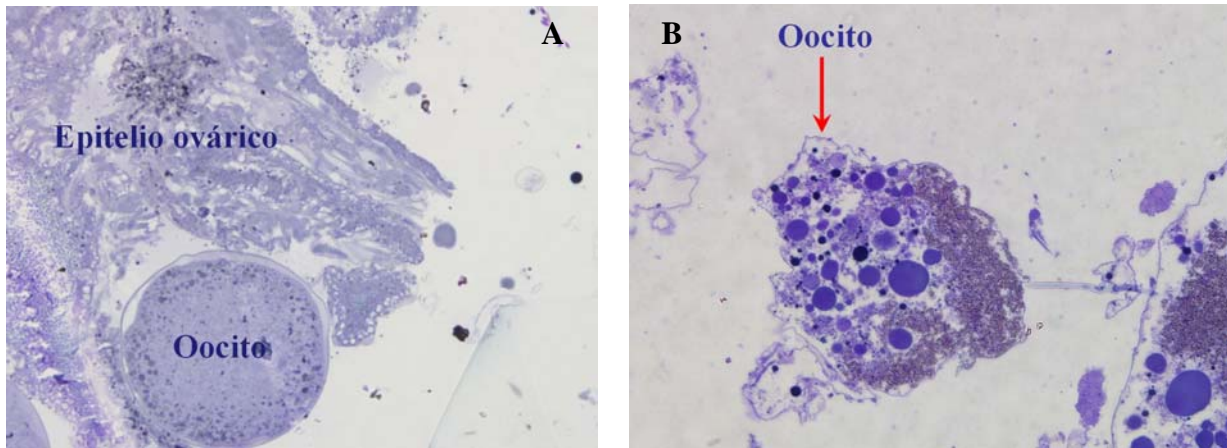


Fig. 49: Corte del epitelio ovárico mostrando al oocito de *Alpaida veniliae*. A: oocito de hembra control; B: oocito deformado de hembra tratada con metoxifenocida.

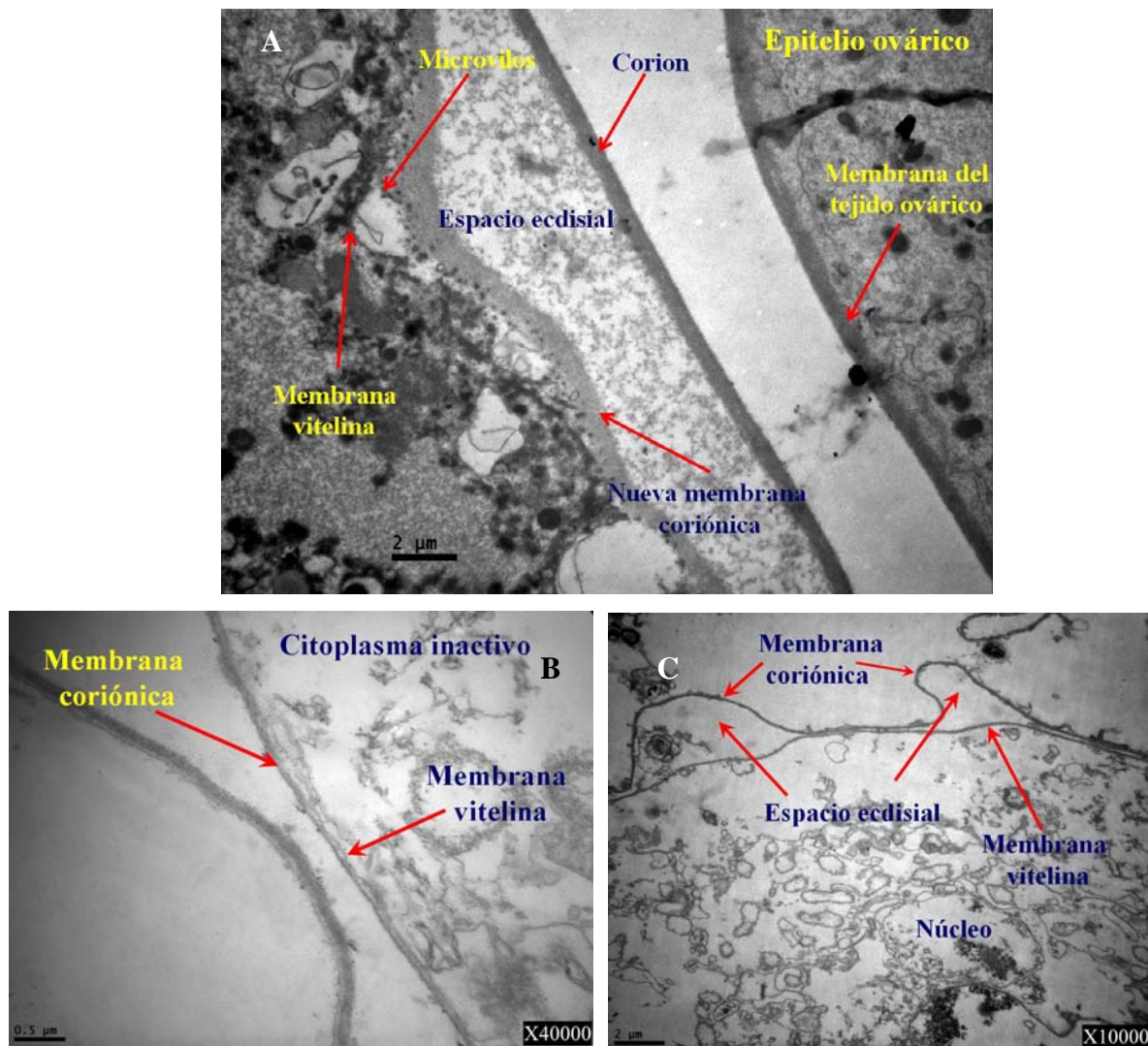


Fig. 50: Oocitos de *Alpaida veniliae*, control y tratados con metoxifenocida a través de MET. A: Oocito en desarrollo de hembra control, detalle de la formación de

una nueva membrana coriónica; B: Oocito de hembra tratada con metoxifenocida, inactividad celular del oocito; C: Oocito de hembra tratada con metoxifenocida, desorganización citoplasmática del oocito.

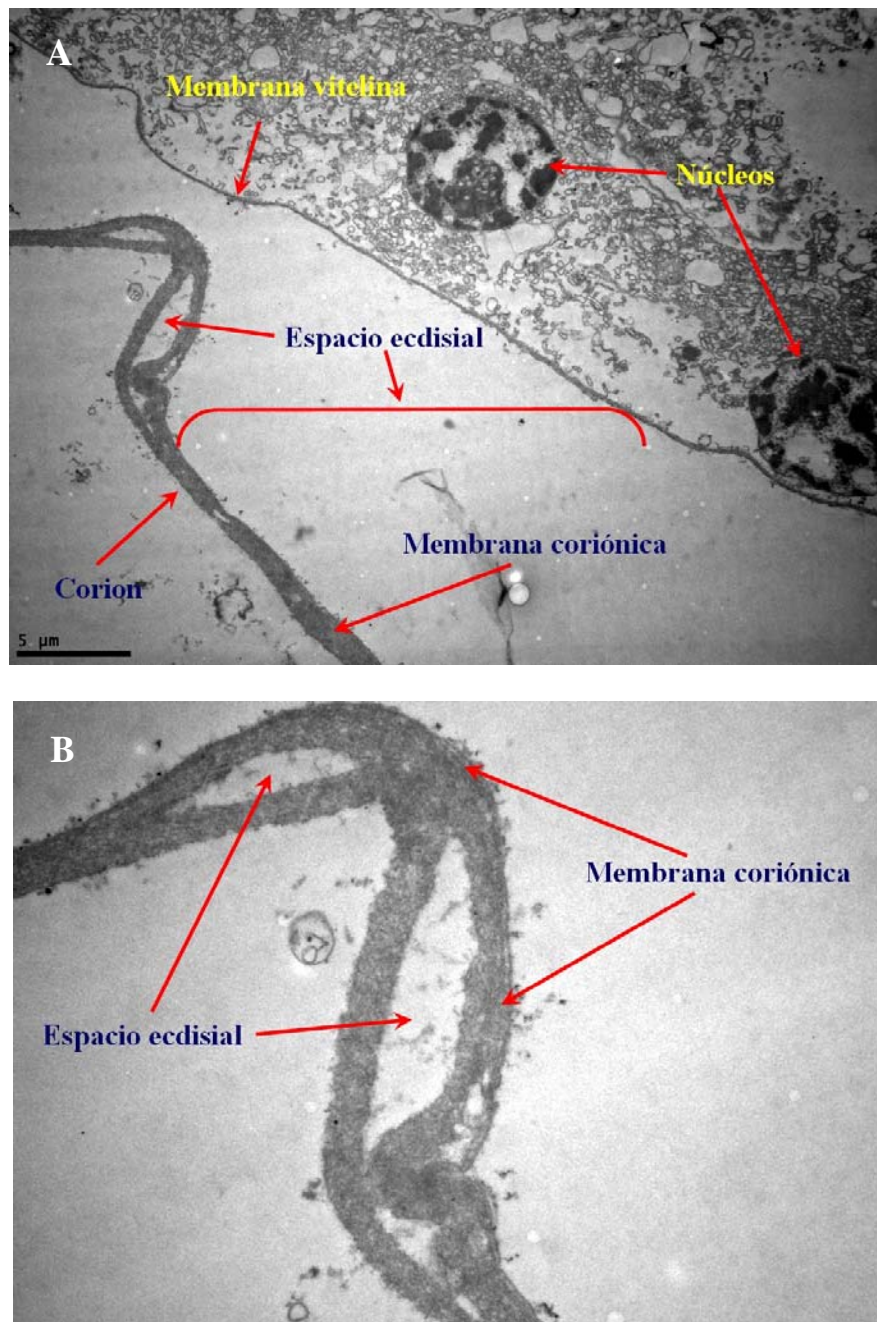


Fig. 51: Procesos degenerativos en la constitución celular del oocito maduro de *Alpaida veniliae*. A: formación de doble pared celular en el corion; B: detalle de la membrana corionica y diferencias en espesor de la misma.



➤ **Construcción de la ooteca y desarrollo de los huevos**

La estructura de la ooteca está compuesta por tres capas básicas de fibras (Gheysens *et al.*, 2005):

- Disco basal: es como una copa sujeto al sustrato, la hembra camina constantemente produciendo hilos de enganche, que fija sobre el sustrato.
- La cámara que envuelve a los huevos: son fibras que envuelven a la masa de huevos recién colocados.
- La capa exterior: capa aireada con fibras más gruesas, que aísla a la cámara de huevos del exterior y que se sujeta con el sustrato periféricamente.

Se observaron efectos subletales en la trama de los hilos de seda durante la construcción de las ootecas. Las hembras control construyeron ootecas en forma de domo y con una trama de hilos densos (Fig. 52), mientras que las hembras tratadas con los distintos insecticidas tuvieron problemas en mantener compacta la trama de hilos sobre la masa de huevos (Fig. 53).



Fig. 52: Construcción de ootecas por hembras control de *Alpaida veniliae*.

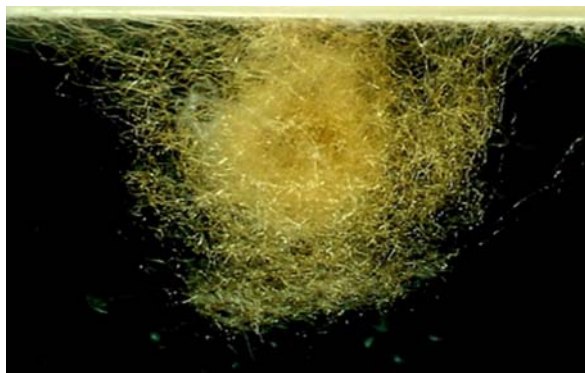
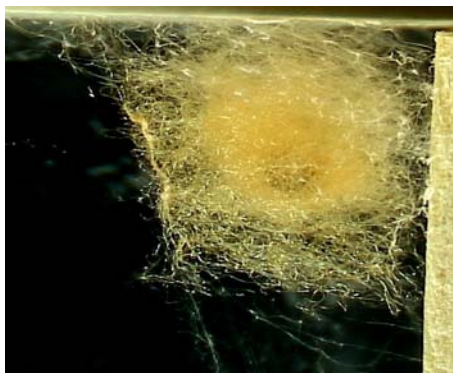


Fig. 53: Construcción de ootecas por hembras de *Alpaida veniliae* tratadas con insecticidas.



Existieron diferencias significativas en la construcción de ootecas normales entre tratamientos ( $\chi^2= 88,059$ ;  $P <0,001$ ). El control no presentó ninguna ooteca anormal. El número de ootecas anormales fue similar para los distintos insecticidas, y el metoxifenocida fue el que mostró el menor efecto. Se observó que el promedio de ootecas anormales superó al de ootecas normales en todos los tratamientos a excepción del control (Fig. 54).

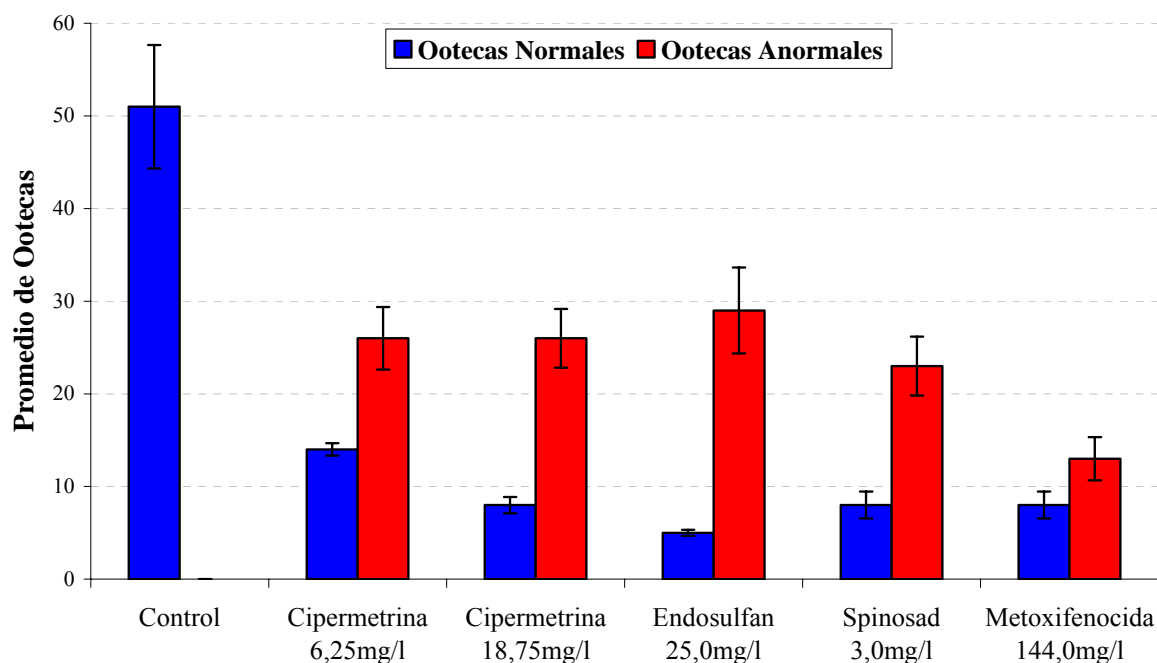


Fig. 54: Número promedio ( $\pm$  ES) de ootecas de *Alpaida veniliae*, normales y anormales colocadas en cada tratamiento.

Sin bien existieron diferencias significativas en el promedio de masas de huevos normales entre tratamientos ( $X^2= 35,73$ ;  $P <0,001$ ), las masas de huevos anormales fueron menores que las normales para todos los tratamientos, con excepción del control y la metoxifenocida. Esto podría indicar un mayor efecto de los insecticidas sobre la construcción de la ooteca que sobre la masa de huevos (Fig. 55).

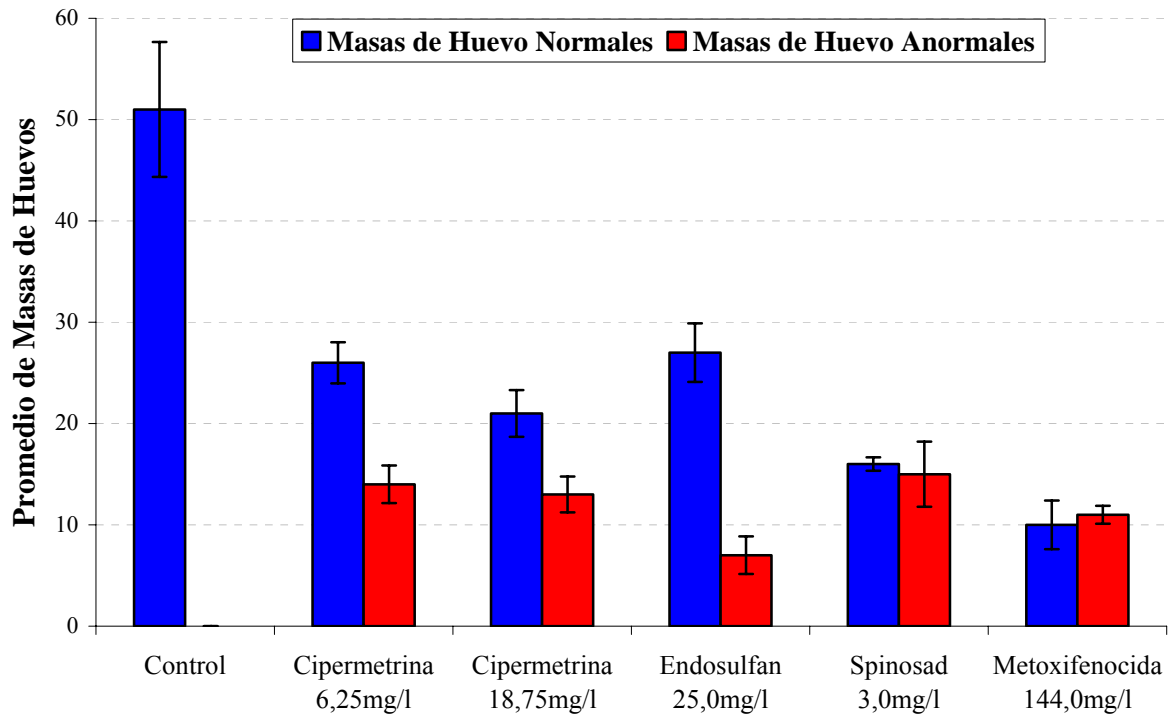


Fig. 55: Número promedio ( $\pm$  ES) de masas de huevos de *Alpaida veniliae*, normales y anormales colocadas en cada tratamiento.

Se observó la desecación y putrefacción de algunos huevos en las masas de huevos tratadas con los distintos insecticidas, en comparación al control (Fig. 56).





Fig. 56: Masas de huevos colocadas por *Alpaida veniliae*. A, B: masas de huevos normales (control); C, D: masas de huevos anormales afectadas por los insecticidas.

#### ➤ Fecundidad y Fertilidad

La fecundidad de las hembras correspondiente a las tres primeras ootecas no fue afectada por los insecticidas, pero si varió de acuerdo a la ooteca considerada (primera, segunda y tercera). No hubo interacción entre tratamientos y el número de huevos por ooteca, desde la primera a la tercera oviposición (Tabla 26).

Tabla 26. Resultados del ANOVA de medidas repetidas del número de huevos por ooteca de *Alpaida veniliae*, para los distintos tratamientos.

Fuente	g.l. Efectos	g.l. Error	F	P
Tratamientos	5	142	1,69	0,14
Ooteca	2	284	247,22	<0,001
Interacción	10	284	0,79	0,64

En la Fig. 57 se observa el promedio de huevos por ooteca (para las tres primeras), para cada tratamiento.

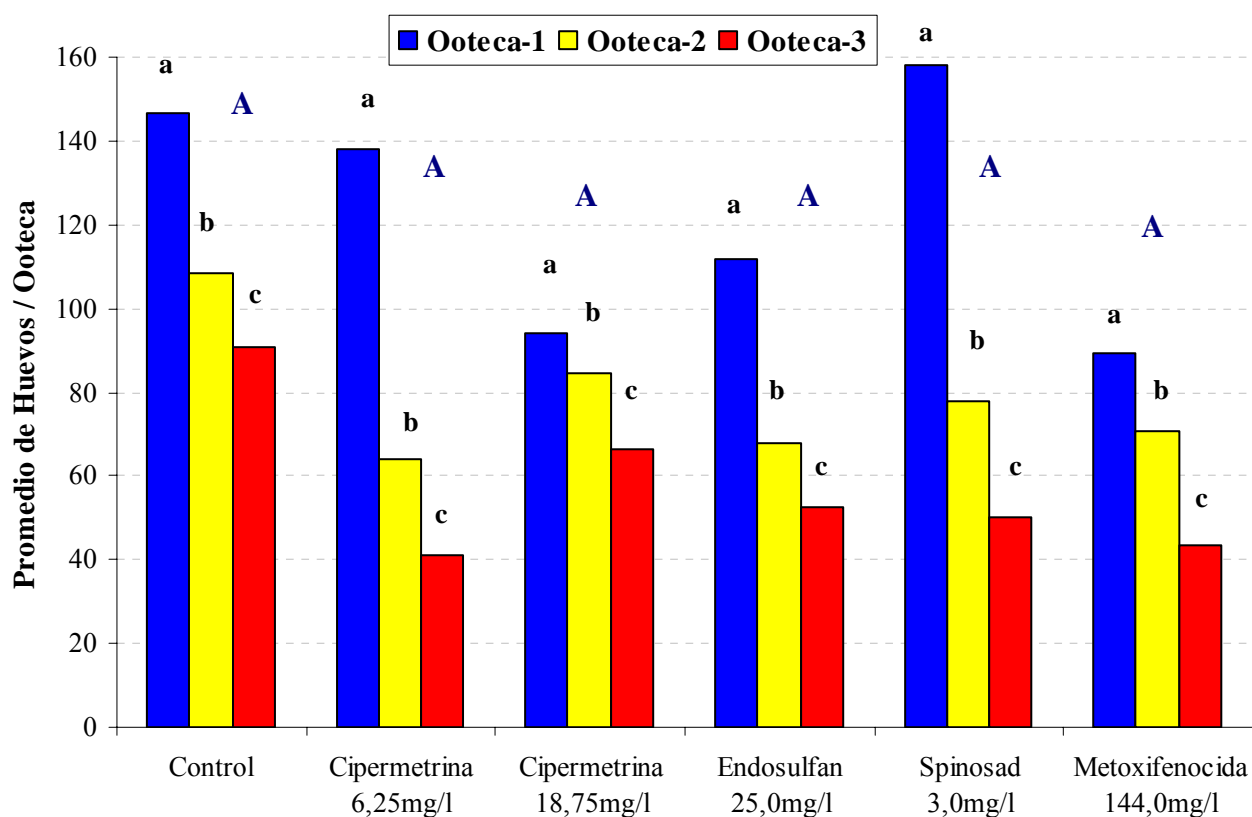


Fig. 57: Promedio de huevos por ooteca de *Alpaida veniliae* en cada tratamiento. Letras minúsculas iguales dentro de un mismo tratamiento, significan que no hubo diferencias significativas entre ootecas, y letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

Existió un patrón de disminución en todos los tratamientos en el número de huevos por ooteca, desde la primera a la tercera oviposición. Si bien el menor número promedio de huevos por ooteca fue con el metoxifenocida, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

En la Tabla 27 se muestran los valores promedios de fecundidad por hembra para cada tratamiento.

Tabla 27: Fecundidad total de las tres primeras ootecas construídas por arañas (*Alpaida veniliae*) tratadas con los distintos insecticidas.

Tratamiento	Fecundidad Total (media $\pm$ DE)
Control	245,57 $\pm$ 121,96
Cipermetrina 6,25mg/l	225,63 $\pm$ 83,30
Cipermetrina 18,75mg/l	135,03 $\pm$ 72,62
Endosulfan 25,0mg/l	174,59 $\pm$ 102,0
Spinosad 3,0mg/l	223,12 $\pm$ 100,46
Metoxifenocida 144,0mg/l	133,18 $\pm$ 73,41

En relación a la fertilidad el número de huevos eclosionados difirió entre tratamientos y entre ootecas (Tabla 28).

Tabla 28: Resultados del ANOVA de medidas repetidas del número de huevos eclosionados por ooteca de *Alpaida veniliae*, para los distintos tratamientos.

Factor	g. l. Efectos	g.l. Error	F	P
<b>Tratamientos</b>	5	138	5,91	<0,001
<b>Ooteca</b>	2	276	75,94	<0,001
<b>Interacción</b>	10	276	1,43	0,16

No se observó un patrón regular en la eclosión de huevos entre ootecas en los distintos tratamientos. Los mayores porcentajes de eclosión ocurrieron en el control, fundamentalmente en la tercera ooteca. La cipermetrina 6,25 mf/l, endosulfan 25 mg/l y spinosad 3 mg/l, si bien presentaron valores más bajos que el control, no difirieron significativamente. La cipermetrina 18,75mg/l presentó un porcentaje bajo con respecto

a los anteriores, mientras que la metoxifenocida de 144 mg/l tuvo el valor más bajo de todos los tratamientos (Fig.58).

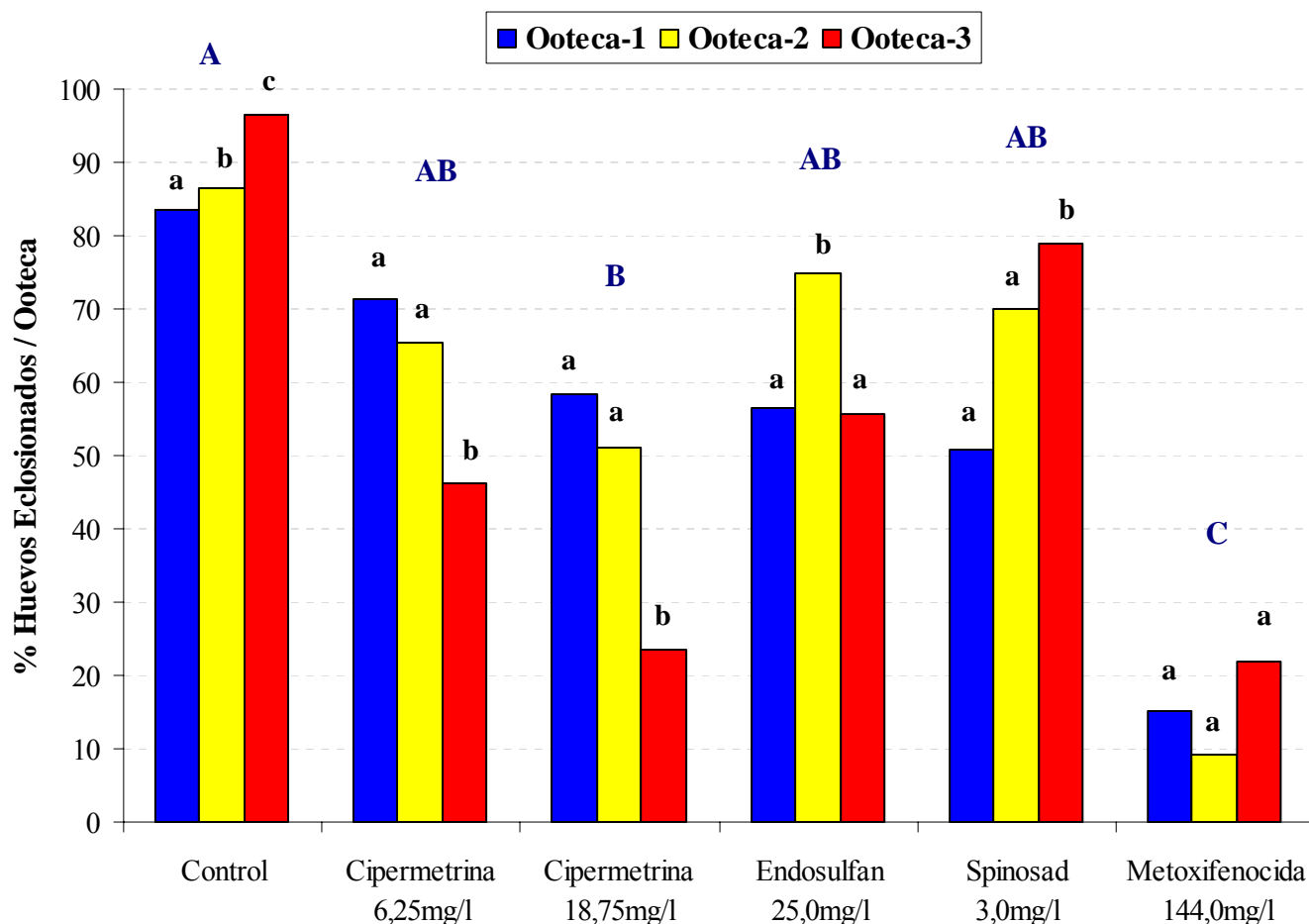


Fig. 58: Porcentaje de huevos eclosionados por ooteca de *Alpaida veniliae* en cada tratamiento. Letras minúsculas iguales dentro de un mismo tratamiento significan que no hubo diferencias significativas entre ootecas, y letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

En la Tabla 29 se muestran los valores promedios de fertilidad por hembra para cada tratamiento.

Tabla 29: Fertilidad total de las tres primeras ootecas construídas por arañas (*Alpaida veniliae*), tratadas con los distintos insecticidas.

Tratamiento	Fertilidad Total (media $\pm$ DE)
Control	86,80 $\pm$ 13,41
Cipermetrina 6,25mg/l	67,59 $\pm$ 25,03
Cipermetrina 18,75mg/l	56,00 $\pm$ 20,34
Endosulfan 25,0mg/l	59,34 $\pm$ 24,64
Spinosad 3,0mg/l	54,0 $\pm$ 31,57
Metoxifenocida 144,0mg/l	16,38 $\pm$ 24,69

➤ **Tiempo de desarrollo de la progenie**

El tiempo de desarrollo desde la oviposición hasta la tercera muda (intraooteca), presentó diferencias significativas entre los tratamientos ( $H= 50,7772$ ;  $P< 0,001$ ). La descendencia de las hembras tratadas con endosulfan tuvo mayor tiempo promedio (media  $\pm$  DE) de desarrollo (11,97  $\pm$  2,2 días) con respecto al control (10,45  $\pm$  0,5 días) (media  $\pm$  DE), mientras que la del tratamiento con spinosad se redujo (8,64  $\pm$  0,49 días) (media  $\pm$  DE) (Fig. 59).

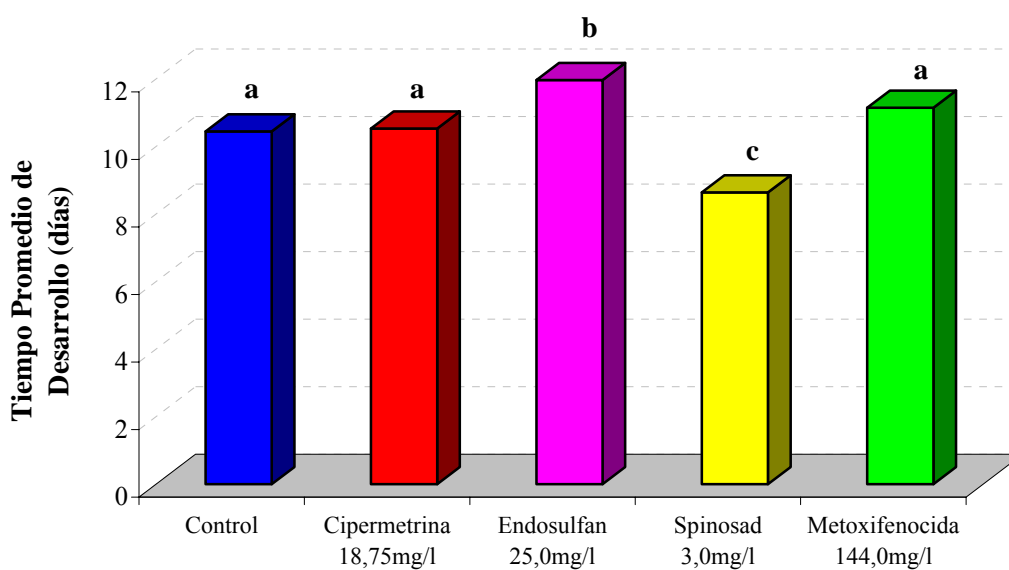


Fig. 59: Tiempo promedio de desarrollo desde la oviposición hasta la tercera muda de la descendencia de hembras de *Alpaida veniliae*, tratadas con los distintos

insecticidas. Letras minúsculas iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

### 3. Efectos del herbicida glifosato en *Alpaida veniliae*, por vía oral

#### - Efectos letales

No se observó mortalidad entre los tratamientos a lo largo del experimento (96 horas).

#### - Efectos subletales

##### ➤ Consumo de presa

El consumo de la presa no difirió entre tratamientos ni a lo largo del tiempo, pero hubo una interacción significativa entre tratamientos y tiempo (Tabla 30).

Tabla 30. Resultado del ANOVA de medidas repetidas del porcentaje de presa consumida por *Alpaida veniliae*, en los tratamientos control y glifosato, a las 24, 48, 72 y 96 h.

Fuente	g. l. Efectos	g.l. Error	P	g. l. <sup>a</sup> Efectos	g. l. <sup>a</sup> Error	F	P <sup>a</sup>
Tratamientos	1	118	0,57			0,32	0,57
Tiempo (horas)	3	354	0,38	1,86	219,42	1,02	0,36
Interacción	3	354	< 0,001	1,86	219,42	10,20	< 0,001

<sup>a</sup> : g.l. ajustados por la prueba de Greenhouse-Geisser ( $\epsilon = 0,62$ )

Los porcentajes promedio de consumo de la presa a las 24, 48, 72 y 96 h postratamiento, en ambos tratamientos, se muestran en la Fig. 31. El patrón de consumo de la presa en el tratamiento control fue levemente más alto, aunque no significativo, que en el tratamiento con glifosato, con un decrecimiento significativo entre las 24 h



postratamiento y las restantes horas de observación. El consumo en el tratamiento con glifosato prácticamente no varió con el tiempo (Fig. 60).

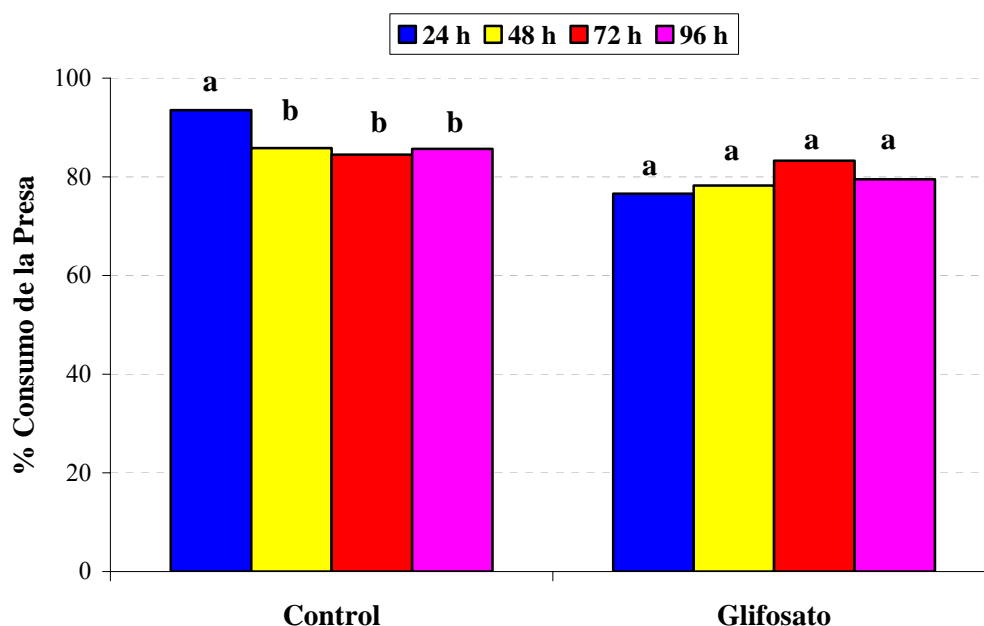


Fig. 60: Efecto del glifosato sobre el porcentaje promedio de consumo de la presa en el control y el tratamiento con glifosato por *Alpaida veniliae*, a las 24, 48, 72 y 96 h postratamiento. Letras minúsculas iguales indican diferencias no significativas dentro de cada tratamiento.

### ➤ Construcción de tela

Las hembras tratadas con glifosato comenzaron a construir tela 17 días más tarde que en el control, y sólo el 20% de ellas tejieron telas orbiculares normales ( $P=0,001$ ), mientras que en el tratamiento control todas lo hicieron. La mayoría de las hembras tratadas con glifosato tejieron sólo hilos de agarre, sin llegar a formar una estructura de malla, incapaces de atrapar presas (Fig. 61).

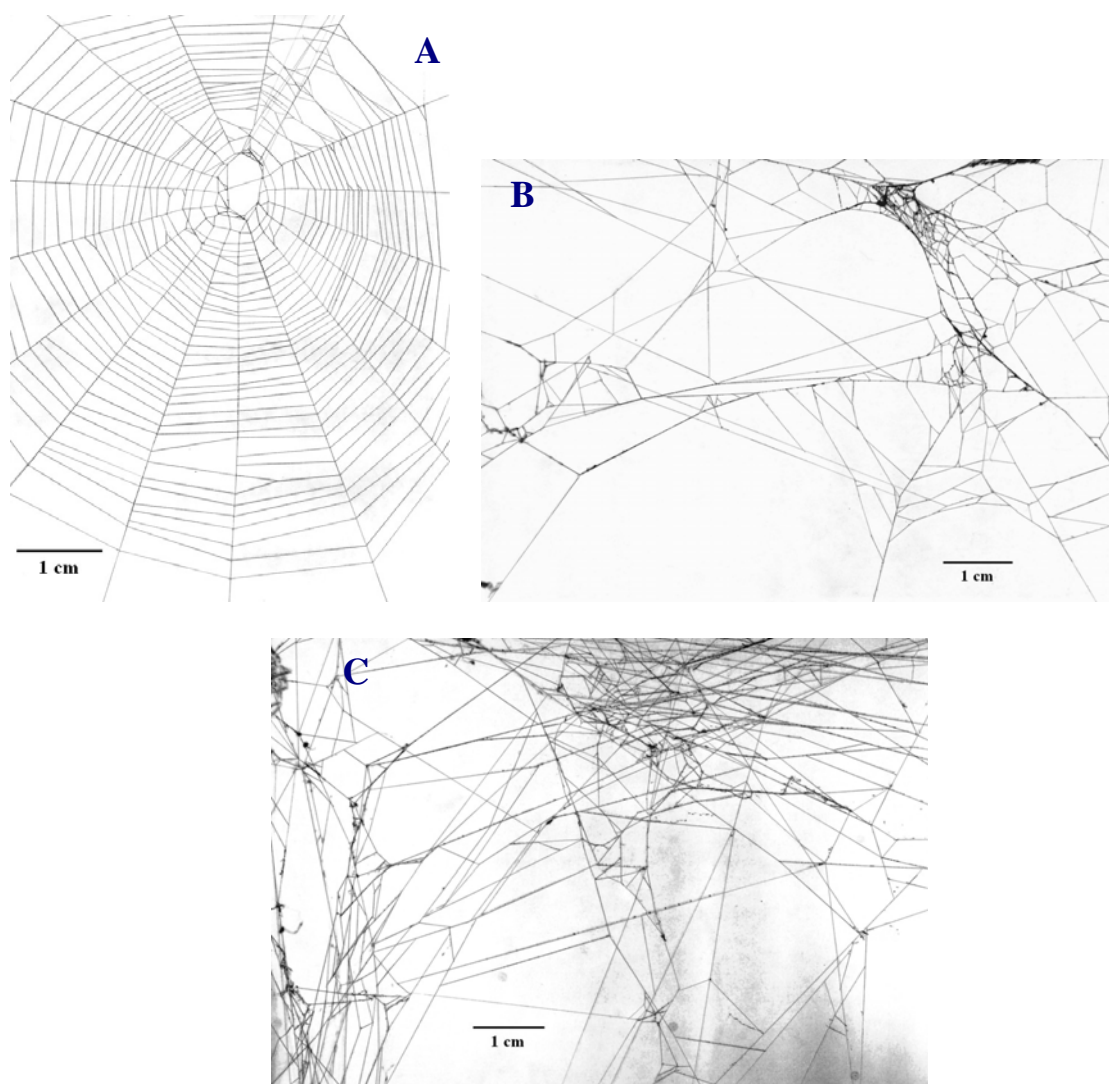


Fig. 61: Construcción de telas por *Alpaida veniliae*. A: Tela construida por una araña control, B y C: Telas construidas por arañas contaminadas con el herbicida glifosato.

En aquellas que pudieron formar una tela orbicular, el número de radios y espiras fue significativamente más bajo que en el tratamiento control (Tabla 31).

Tabla 31: Estructura de la tela orbicular de hembras de *Alpaida veniliae*, control y tratadas con glifosato.

Tela Orbicular	Tratamientos (media $\pm$ DE)		Prueba estadística
	Control	Glifosato	
Radios	19,14 $\pm$ 1,27	9,96 $\pm$ 2,39	H = 43,71; P < 0,01
Espiras	29,72 $\pm$ 2,17	14,34 $\pm$ 4,64	H = 43,13; P < 0,01

### ➤ **Cópula**

El apareamiento no se vio afectado en las telas anormales, ya que el macho realizó la cópula en un hilo que colocó en las cercanías de la tela de la hembra, llamado “hilo de apareamiento”.

### ➤ **Desarrollo ovárico**

Las hembras tratadas con glifosato mostraron ovarios anormales con respecto al tratamiento control, presentando un escaso desarrollo de oocitos y una acumulación de gránulos grasos alrededor de ellos (Fig. 62).

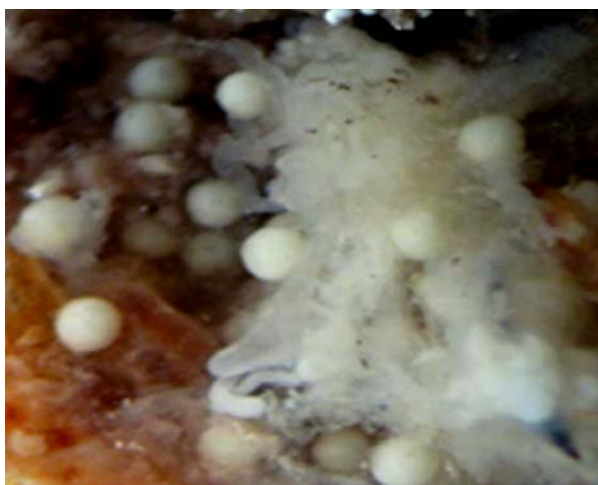


Fig. 62: Oocitos de hembras de *Alpaida veniliae* tratadas con glifosato, cubiertos por acumulación de gránulos grasos.

El diámetro promedio de los oocitos de la porción final de los ovarios, 15 días después del apareamiento, fue significativamente más bajo en las hembras tratadas con glifosato ( $F_{1; 68} = 91,93$ ;  $P < 0,001$ ). El diámetro (media  $\pm$  DE) fue de  $0,23 \pm 0,02$  y de  $0,18 \pm 0,02$  mm, en el tratamiento control y el de glifosato, respectivamente.

### ➤ **Construcción de la ooteca y desarrollo de los huevos**

Las arañas pertenecientes al tratamiento control construyeron un mayor número de ootecas que las del tratamiento con glifosato, durante el período del experimento ( $H = 8,0565$ ;  $P = 0,005$ ). Al igual que las hembras tratadas con los distintos insecticidas, las tratadas con glifosato también construyeron ootecas anormales, y exhibieron efectos subletales a nivel de las masas de huevos, presentando algunos huevos en estado de

putrefacción y/o desecados, efecto que no fue observado en el tratamiento control (Fig. 63).

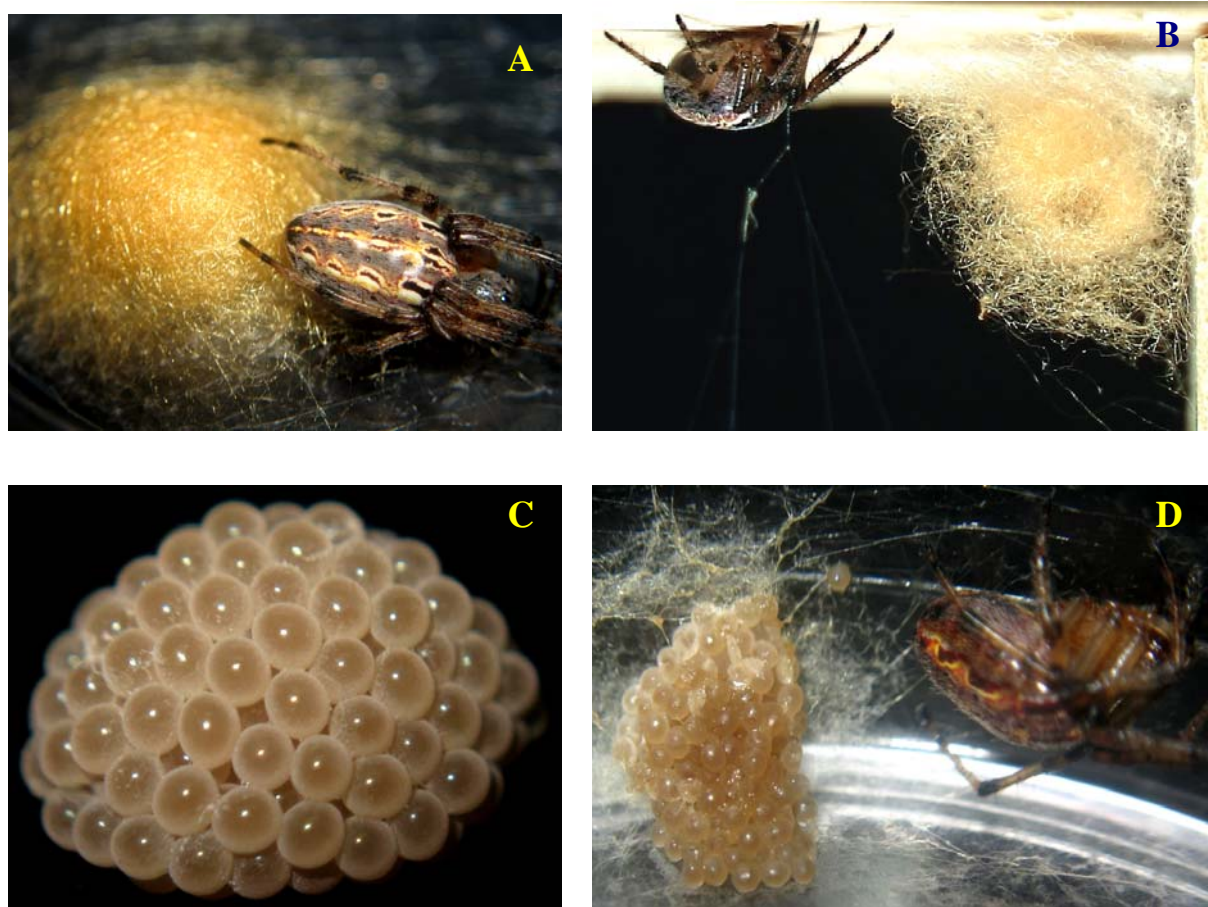


Fig. 63: A y C: Ooteca y masas de huevos correspondientes a hembras de *Alpaida veniliae* del tratamiento control. B y D: Ooteca y masas de huevos correspondientes a hembras del tratamiento con el herbicida glifosato.

El número anormal de ootecas y masas de huevos de cada oviposición, así como del total de oviposiciones, fue significativamente más alto en las arañas tratadas con glifosato que en las control (ootecas:  $P < 0,001$ ; masas de huevos:  $P < 0,001$ ).

#### ➤ Fecundidad y Fertilidad

Las hembras tratadas con el herbicida glifosato y el control, ovipusieron tres y cinco ootecas, respectivamente, a lo largo del experimento. El promedio total de huevos por ooteca se vió afectado a través del tiempo de oviposición (Tabla 32).

Tabla 32: Promedio de huevos por ooteca en *Alpaida veniliae*, control y tratadas con el herbicida glifosato.

Ooteca	Tratamiento (media $\pm$ DE)			
	Control	<i>n</i>	Glifosato	<i>n</i>
1	146,76 $\pm$ 41,03	50	121,29 $\pm$ 35,74	49
2	105,28 $\pm$ 34,70	32	70,52 $\pm$ 27,31	27
3	92,0 $\pm$ 15,56	18	53,62 $\pm$ 3,99	8
4	78,29 $\pm$ 19,81	7	-----	---
5	62,50 $\pm$ 17,68	2	-----	---

El herbicida glifosato tuvo un efecto negativo tanto en la fecundidad como en la fertilidad de *A. veniliae*.

Se observaron diferencias significativas en la fecundidad entre tratamientos y en las sucesivas ootecas, aunque no existió interacción (Tabla 33). La fecundidad fue más baja en el tratamiento con glifosato.

Tabla 33: Resultados del ANOVA de medidas repetidas sobre el número de huevos colocados en las sucesivas ootecas por *Alpaida veniliae*, del tratamiento control y con glifosato.

Fuente	g.l. Efectos	g.l. Error	P	g.l. <sup>a</sup> Efectos	g.l. <sup>a</sup> Error	F	P <sup>a</sup>
Tratamiento	1	97	0,003			9,16	0,003
Ooteca	4	388	< 0,001	2,36	229,30	240,68	< 0,001
Interacción	4	388	0,14	2,36	229,30	1,76	0,17

<sup>a</sup> : g.l. ajustados por la prueba de Greenhouse-Geisser ( $\epsilon = 0,59$ )

Existió un patrón en la disminución del promedio del número de huevos, desde la primera hasta la última ooteca para ambos tratamientos (Fig. 64).

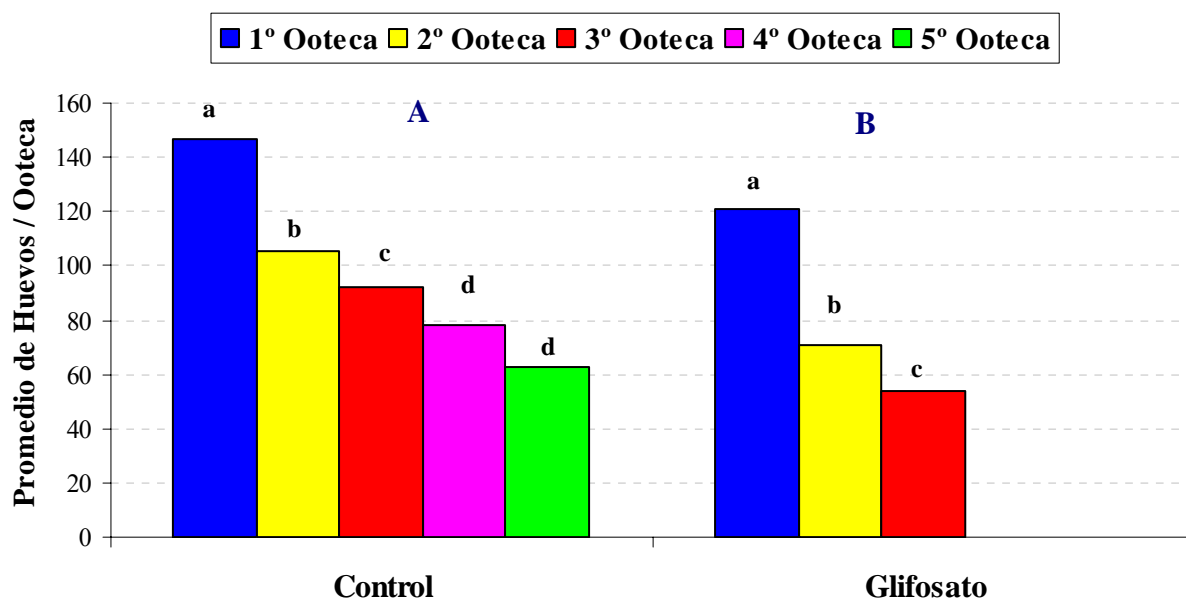


Fig. 64: Promedio de huevos por ooteca de *Alpaida veniliae* en cada tratamiento. Letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de tratamientos. Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos.

El promedio de la fecundidad total fue  $260,72 \pm 104,62$  y  $168,89 \pm 62,30$  huevos por hembra para el tratamiento control y con glifosato, respectivamente.

La fertilidad también fue afectada por los tratamientos y por el momento en que fue puesta la ooteca, y no hubo interacción entre factores (Tabla 34).

Tabla 34: Resultados del ANOVA de medidas repetidas sobre el número de huevos eclosionados en la primera, segunda y tercer ooteca de *Alpaida veniliae*, del tratamiento control y con glifosato.

Factor	g. l. Efectos	g. l. Error	P	g. l. <sup>a</sup> Efectos	g. l. <sup>a</sup> Error	F	P <sup>a</sup>
Tratamiento	1	97	< 0,001			39,28	< 0,001
Tiempo	4	388	< 0,001	2,08	201,63	58,33	< 0,001
Interacción	4	388	0,03	2,08	201,63	2,70	0,067

<sup>a</sup> : g.l. ajustados por la prueba de Greenhouse-Geisser ( $\epsilon = 0,52$ )

La fertilidad fue menor en el tratamiento con glifosato y se observó una tendencia a la reducción de la proporción de huevos eclosionados, para ambos tratamientos, a partir de la primera ooteca (Fig. 65).

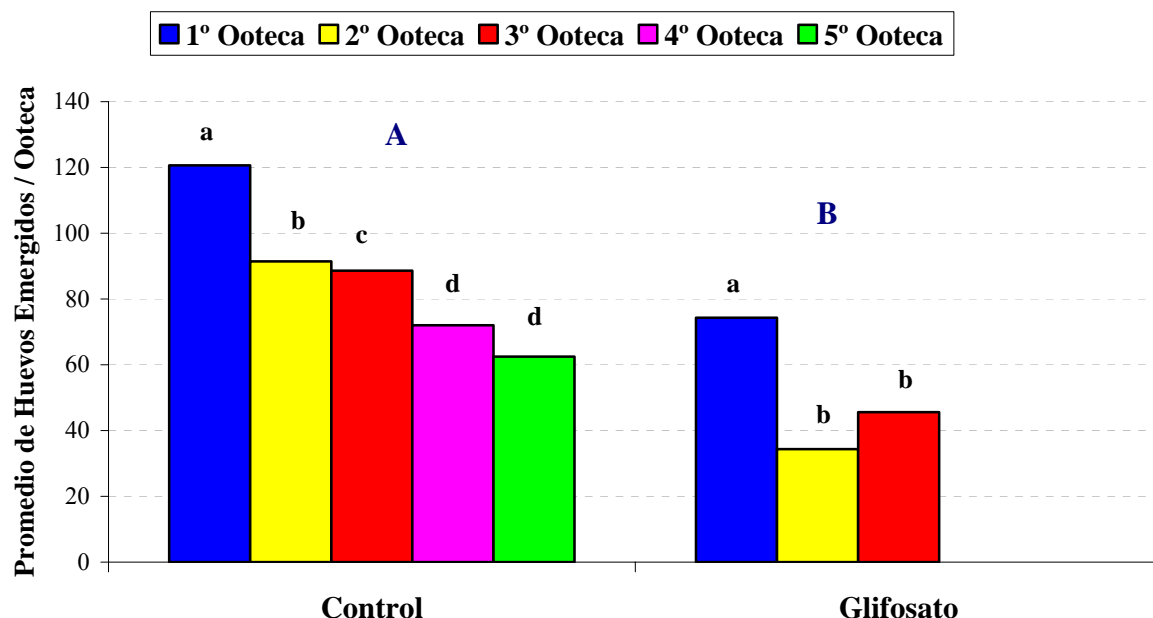


Fig. 65: Promedio de huevos emergidos por ooteca, en cada tratamiento. Letras minúsculas iguales indican que no hubo diferencias significativas dentro de los tratamientos. Letras mayúsculas iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

El promedio ( $\pm$  DE) de fertilidad total fue  $224,12 \pm 97,77$  y  $67,10 \pm 46,12$  huevos emergidos por hembra, en arañas control y tratadas con glifosato, respectivamente.

#### ➤ **Tiempo de desarrollo de la progenie**

Las hembras tratadas con el herbicida glifosato presentaron diferencias significativas en el tiempo de desarrollo de su descendencia, desde la oviposición hasta la tercera muda (intraooteca) ( $H = 10,34$ ;  $P = 0,001$ ). El tiempo de desarrollo fue de  $11,83 \pm 1,97$  (media  $\pm$  DE) días en el tratamiento con glifosato y de  $10,44 \pm 0,50$  días en el control.

## DISCUSIÓN

*Hogna poliostruma*, al igual que todos los Lycosidae son depredadores cursoriales y se caracterizan, por su alta capacidad de dispersión. Los resultados obtenidos en esta investigación apoyan las observaciones que indican que después de aplicaciones de insecticidas en sistemas agrícolas, los Lycosidae desaparecen, por lo tanto su ausencia indicaría ambientes perturbados o contaminados (Hodge & Vink, 2000). La desaparición podría deberse a la elevada mortalidad causada (70 a 90%) por los insecticidas endosulfan y spinosad (con excepción del endosulfan y spinosad 10 mg/l) por contacto, y también a la dispersión hacia hábitats no contaminados. Si bien la mortalidad acumulada causada por ambos productos fue muy similar, el endosulfan actuó más rápidamente. El efecto más retrasado del spinosad también fue observado en *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae), donde el número de adultos se redujo significativamente a las 72 h postratamiento (Medina *et al.*, 2003). En el caso de *Doru taeniatum* (Dermaptera: Forficulidae) la mortalidad se produjo a las 336 h (14 días) de exposición, siendo del 48% a la concentración de 1,2 mg/l i.a., y 98% a 120 mg/l i.a.) (Cisneros *et al.*, 2002).

En el caso de *H. poliostruma*, las concentraciones más bajas de endosulfan y spinosad (10 mg/l) no causaron parálisis de las patas IV, pero este efecto incrementó levemente a medida que aumentó la concentración, alcanzando valores altos con spinosad 120 mg/l (concentración máxima recomendada para su uso en campo). Este comportamiento fue observado también por Shaw *et al.* (2003), quienes registraron la parálisis de los cuatro pares de patas en *Pardosa amentata* (Lycosidae), cuando fueron sometidas a un tratamiento con cipermetrina grado técnico. Toft & Jensen (1998) reportaron un efecto similar para *P. amentata*, tratadas con cipermetrina. Para Baoying *et al.* (2001), las bajas concentraciones de endosulfan en *Harmonia conformis* (Coleoptera, Coccinellidae), aparentemente bajan la tasa de locomoción y de depredación.

Si bien en esta investigación no se midió el efecto sobre los machos, otros estudios con insecticidas neurotóxicos provocaron efectos negativos en la locomoción de machos de Linyphiidae, y en poca intensidad sobre hembras y arañas inmaduras (Bel'skaya & Esysunin, 2003).

En *A. veniliae*, el endosulfan presentó efectos tóxicos menores que en *H. poliostruma*, produciendo una mortalidad menor al 50% de la causada en *H. poliostruma*



a la concentración de campo. Recién a la concentración de 150 mg/l alcanzó una mortalidad comparable a la que causó en *H. polioostoma*. Al igual que en *H. polioostoma*, la mortalidad se produjo, casi en su totalidad, dentro de las 24 h.

Mansour *et al.* (1981) evaluaron el efecto de tres insecticidas aplicados tópicamente (endosulfan, azinphos-metil, cyhexatin) sobre la araña cursorial *Chiracanthium mildei* (Araneae, Clubionidae), siendo el endosulfan el más tóxico. Todas las arañas fueron afectadas rápidamente y estuvieron agonizando 48 h postratamiento. Estos resultados podrían sugerir que el insecticida endosulfan, aplicado tópicamente es más tóxico para el gremio de arañas cursoriales que para las tejedoras de telas orbiculares.

Los efectos letales causados por ingestión de presa tratada con spinosad a 30 mg/l en *A. veniliae*, produjeron valores de mortalidad acumulada de alrededor del 80%, similares a los de *H. polioostoma* cuando fue tratada por contacto. La diferencia fue que por ingestión produjo casi la mayor parte de la mortalidad a las 24 h, mientras que por contacto este efecto se observó recién entre las 144 y 312h. Lo observado en este estudio coincide con lo hallado por Penagos *et al.* (2005), demostrando que el spinosad es altamente activo por ingestión y, en menor grado, por contacto en organismos no blanco.

Este tratamiento también provocó regurgitación de la presa y movimientos descordinados en las pocas arañas sobrevivientes pasadas las 24 h. Mauchline *et al.* (2004) y Wiles & Jepson (1993), observaron también regurgitación en carábidos por consumo de presas contaminadas con dimetoato y deltametrina. Este tipo de cambios en el comportamiento de forrajeo por efecto de los insecticidas en general fue también observado por Stark & Bank (2003) y Benamú *et al.* (2007).

El endosulfan, spinosad y la metoxifenocida no alteraron la tasa de consumo de presa, mientras que la cipermetrina a 6,25 mg/l (25% de la concentración máxima de campo) produjo un marcado descenso, que se agudizó más a la concentración de 18,75 mg/l (75%).

*Alpaida veniliae* evitó consumir la presa tratada con cipermetrina formulada, mientras que con cipermetrina técnica recién a las 48 h manifestó un leve rechazo. Coincidentemente, Shaw *et al.* (2003) no encontraron diferencias en el consumo de la araña *Pardosa amentata* (Lycosidae) entre presas tratada con cipermetrina grado técnico y el control. Estas diferencias podrían deberse a la composición del producto formulado, ya que los formulados (comerciales) contienen coadyuvantes, sinérgicos, adherentes y

dispersantes, perfumantes, colorantes, protectores de radiación, agentes anti-endurecedores, éteres de petróleo, etc., (Morley, 1992; Reigart & Roberts, 1999). Los mecanismos responsables de la reducción del consumo o del rechazo de la presa contaminada, en arácnidos, han sido poco estudiado. A través del olor o el gusto pueden actuar como repelentes emitiendo señales de toxicidad o no palatabilidad (Toft, 1999). Wiles & Jepson (1994) demostraron que las larvas y los adultos de *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) consumieron menor cantidad de áfidos tratados con dimetoato, sugiriendo un efecto repelente.

El comportamiento de forrajeo incluye el intercambio de información entre presas y depredadores, utilizando señales vibratorias, visuales, y químicas que intervienen en las interacciones sociales (Riechert & Luczak, 1982). Las interacciones depredador-presa pueden ser disturbadas a través del cambio del comportamiento de forrajeo del depredador así como de la actividad de la presa, ambos afectados por los productos tóxicos. El consumo de presas tóxicas puede consecuentemente ser reducido por una aversión inducida, probablemente asociada al sabor y comportamiento de la presa.

El efecto negativo de los insecticidas en la construcción de la tela, también podría afectar la eficiencia de las hembras para interceptar presas, en condiciones de campo. Si bien los insecticidas afectaron negativamente la construcción de tela, su efecto fue variado. Muchas de las arañas contaminadas construyeron telas tardíamente, pero siempre anormales. Samu *et al.* (1992) también registraron en *Araneus diadematus* (Araneidae) tratada con cipermetrina, un efecto negativo en el comportamiento tejedor con una eventual interrupción y modificación en la construcción de las mismas. Lo mismo encontraron Samu & Vollrath (1992) en bioensayos a nivel de campo con *A. diadematus*, donde este piretroide suprimió la frecuencia de la construcción de telas y afectó la precisión y tamaño de ésta. Dinter & Phoehling (1995) reportaron que también las aplicaciones tópicas de piretroides retrasaron la construcción de las telas en arañas.

La longitud y el tamaño de las telas está relacionado con la longitud de las arañas y el tipo de presas que consume. Wisniewska & Prokopy (1997) consideran que, el efecto negativo de los plaguicidas sobre el promedio de la longitud del cuerpo de las arañas tejedoras, puede afectar su papel como depredadores de diferentes tipos de artrópodos plaga.

La cipermetrina, y especialmente a la concentración 18,75 mg/l (75% concentración campo), causó el mayor efecto subletal en la construcción de telas y en el

tiempo que tardó la araña en construirla. El efecto de los restantes insecticidas fue mucho menos tóxico.

Las telas de las arañas tratadas con los distintos insecticidas fueron afectadas por lo general en la construcción, sobre todo en la parte orbicular, dimensión de la tela, disposición de radios, presencia o ausencia de espiras irregulares, ausencia de espiras de captura, dimensiones del centro (hub). Estos mismos resultados fueron observados en arañas tejedoras contaminadas con distintas drogas neurotóxicas (Witt, 1971; Foelix, 1996; Hesselberg & Volltath, 2004).

La ingesta de productos tóxicos influiría en el comportamiento instintivo constructor- depredador de las arañas, afectando sus patrones de comportamiento por daños en el sistema nervioso central. De este modo, al disminuir su rol depredador, su potencialidad como enemigo natural de plagas en el cultivo de soja se vería sumamente limitada.

La disminución del diámetro de los oocitos por algunos insecticidas podría deberse a procesos, hormonales, metabólicos y deficiencias nutritivas (Ergin *et al.*, 2007). La presencia de cuerpos grasos en artrópodos, son adaptaciones fisiológicas importantes para el individuo (Chapman, 1998). Algunos insectos tienen la capacidad de almacenar insecticidas a nivel de cuerpos grasos y ovarios en hembras adultas, como un proceso detoxificante (Surendra Nath, B. 2000; Goudey-Perrière *et al.*, 2007; Lin-Quan *et al.*, 2009). Esto podría explicar la presencia de cuerpos grasos a nivel de los ovarios de las hembras tratadas con algunos insecticidas.

Si bien en el tratamiento con metoxifenocida no se observaron cuerpos grasos alrededor de los ovarios ni reducción en el diámetro de los oocitos, afectó a nivel celular. Estos efectos podrían deberse a distintos procesos. Terashima *et al.* (2005) sugieren que la muerte celular de los huevos debido al metoxifenocida son inducidos por niveles de ecdisona que exceden a los niveles normales. Las células presentaron muchas vacuolas y degeneración celular, así como ecdisis inhibidas. Efectos parecidos fueron observados por Smagghe *et al.* (1996) en estadios larvales de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera, Noctuidae) tratadas con tebufenocida (otro agonista de la ecdisona). La formación de la doble membrana coriónica y la diferencia en el espesor de la misma, para Smagghe *et al.* (1996), se deben a una ecdisis anormal.

Esto se vió reflejado en el menor número de masas de huevos normales y el menor porcentaje de eclosión de huevos en relación al resto de los insecticidas. Los efectos observados con metoxifenocida coinciden con los reportados para organismos

blanco (Lepidópteros). Sun & Barret (1999), al estudiar los efectos en la fecundidad y fertilidad de adultos de *Argyrotaenia velutinana* y *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera, Tortricidae), expuestos a superficies con tebufenocida y metoxifenocida, encontró una reducción significativa en el número promedio de huevos y el porcentaje de huevos eclosionados en ambas especies. También Reinke (2006) encontró reducción de la fecundidad y fertilidad al tratar a *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae) con metoxifenocida y tebufenocida.

La ooteca de *A. veniliae* es muy similar a las descritas para algunas especies de la familia Araneidae, como: *Alpaida variabilis* (Flores *et al.*, 2002), *Zygiella x-notata* (Gheysens *et al.*, 2005), *Araneus diadematus* (Foelix, 1996). A diferencia de otras arañas tejedoras, estas especies, incluyendo *A. veniliae*, requieren de un sustrato para construir la ooteca (Foelix, 1996; Gheysens *et al.*, 2005). Las tres capas básicas de fibras que forman la estructura de la misma coinciden con lo descrito por Moon, 2003; Gheysens *et al.*, 2005; y Van Nimmen *et al.*, 2005. Los insecticidas afectaron la trama de los hilos de seda de la ooteca, lo cual provocó que muchas de ellas se desecaran, o en algunos casos llegaran a un estado de putrefacción (Benamú *et al.*, 2007). La función principal del tejido de las ootecas es reducir o prevenir la mortalidad de los huevos por parasitoides y depredadores, así como la desecación de los mismos, manteniendo una temperatura y humedad estable (Austin, 1985; Hieber, 1992; Bergthaler, 1995; Guarisco, 2001).

La fecundidad total de las hembras no fue afectada por los distintos insecticidas. Al igual que con el glifosato, la disminución del número de huevos en las sucesivas oviposiciones parece ser un fenómeno natural en esta especie. Esto podría deberse a la vejez espermática en la fertilización de los huevos, perjudicando el desempeño reproductor (Wagner *et al.*, 2004; Dean *et al.*, 2007). Según White *et al.* (2008), el impacto negativo de la vejez espermática puede presentar cuatro fases secuenciales en la reproducción: el potencial de fertilización, la proporción de desarrollo embrionario, la mortalidad embrionaria y la condición del individuo al salir del huevo. Otra posibilidad que se podría atribuir a la disminución en la fecundidad de las sucesivas ootecas de *A. veniliae*, sería la de estar influenciado por la edad del macho y la cantidad espermática transferida a la hembra durante una sola cópula. Para Jones *et al.* (2007), la cantidad de esperma transferida del macho a la hembra, varía con la edad del macho, aún realizando cortejos y cópulas exitosas, pero no con la edad de la hembra.

No hay suficiente información acerca de los efectos en el tiempo de desarrollo post-embrionario causados por insecticidas en arañas. Por lo tanto, resulta difícil atribuir la posible causa de los mismos. El desarrollo de la progenie se prolongó en dos días por el endosulfan 25,0mg/l y curiosamente fue acortado en dos días por el spinosad 3 mg/l.

A diferencia de los insecticidas, los resultados de este estudio no mostraron efectos letales directos del glifosato comercial. Estos resultados coinciden con los de Tanigoshi & Congdon (1983) y Yokoyama *et al.* (1984) quienes no encontraron mortalidad en el corto plazo cuando evaluaron toxicidad aguda sobre el ácaro depredador *Eiseius hibisci* (Acari: Phytoseiidae), y en la chinche depredadora *Geocoris pallens* (Hemiptera: Geocoridae). Por el contrario, mortalidades altas fueron registradas en larvas de anfibios expuestos en forma crónica, incluso a concentraciones más bajas (Lajmanovich *et al.*, 2003; Cauble & Wagner, 2005). Giuseppe *et al.* (2006) reportan una toxicidad directa bastante baja del glifosato sobre artrópodos. Sin embargo, otros estudios han documentado un 100% de mortalidad en ácaros depredadores colectados en cultivos de manzano y tratados en tópicamente en laboratorio (Hislop & Prokopy, 1981). Según Mansour (1988) los acaricidas, fungicidas y herbicidas causan entre el 10 – 40% de la mortalidad de arañas.

En la presente investigación, se encontraron efectos subletales significativos del glifosato en la mayoría de los aspectos estudiados. Estos resultados son coincidentes con los de Schneider *et al.* (2009) en *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), otro depredador común en los cultivos de soja.

Aunque el consumo de presa no fue afectado por el glifosato a lo largo del tiempo que duró este estudio, la interacción encontrada entre tratamientos y tiempo de evaluación puede ser explicada por las diferencias observadas en el consumo a partir de las 24 h postratamiento. Una explicación posible sería que debido al tiempo de ayuno, las hembras control aumentaron su tasa normal de consumo cuando se les ofreció la presa. A las 48 h, debido a estar saciadas, las tasas de consumo bajaron y permanecieron constantes a lo largo del experimento. Contrariamente, las hembras tratadas con glifosato, tuvieron tasas de consumo más bajas que el control a las 24 h (en el límite de la significancia,  $P = 0,07$ ).

El efecto negativo observado en *A. veniliae*, a través de presas contaminadas, podría estar relacionado a alteraciones fisiológicas y bioquímicas producidas por las formulaciones de glifosato. Este mecanismo de causar efectos deletéreos en procesos

metabólicos y endócrinos también ha sido sugerido en otros organismos y en humanos (Walsh *et al.*, 2000; Richard *et al.*, 2005; Benachour & Seralini, 2009).

Al igual que con los insecticidas usados, el glifosato no afectó la cópula de *A. veniliae*, y aunque las telas no fueron completadas o no presentaron estructuras acorde al patrón del tejido orbicular, todas la cópulas fueron realizadas en el hilo del macho. El macho pudo reconocer y realizar el cortejo y la cópula normalmente.

En relación a los otros efectos subletales, también disminuyó el diámetro de los oocitos, aumentó el número de ootecas y masas de huevos anormales, y redujo la fecundidad y fertilidad de las hembras.

En este estudio, la fecundidad y la fertilidad fueron las características más afectadas. Schneider *et al.* (2009) también encontraron importantes reducciones en la fecundidad y la fertilidad, con la consecuente disminución de la Tasa Intrínseca de Incremento ( $r$ ) y la Tasa Reproductiva Neta ( $R_0$ ) de las poblaciones de *C. carnea*, luego de una generación. Similares resultados fueron hallados en la lombriz *Eisenia fetida* (Haplotaxida: Lumbricidae) (Yasmin & D'Souza, 2007), y en el parasitismo de hembras de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) expuestas a residuos de glifosato (Manzoni *et al.*, 2006).

Algunos autores han sugerido que algunos herbicidas pueden imitar hormonas específicas o disturbar al sistema endócrino (Cauble & Wagner, 2005). En este sentido, se podría pensar que las alteraciones de la fecundidad en artrópodos podría estar relacionada con el disturbio del sistema hormonal (ecdisteroides y hormona juvenil), ligado con procesos reproductivos, tales como la diferenciación de las ovariolas, oogénesis y vitelogénesis.

Las hembras tratadas con glifosato no solo mostraron ovarios anormales con escaso desarrollo de los oocitos, sino que también el tamaño promedio de los oocitos fue menor. Estos aspectos podrían ser adicionalmente afectados por un pobre estado nutricional de la hembra debido al retraso exhibido en la construcción de la tela, y por ende, a la eficiencia más baja para capturar presas en condiciones de campo.

Aunque los efectos subletales han recibido menos atención que los efectos letales, ellos son relevantes desde un punto de vista ecológico, puesto que la reducción del desempeño de las poblaciones puede crear riesgos para la conservación de la biodiversidad de artrópodos. En el mismo sentido, pero en relación al efecto de los plaguicidas sobre la salud de mamíferos, Seralini *et al.* (2009) plantea la necesidad de investigar los efectos crónicos y subcrónicos.

Por último, existe una gran controversia acerca de la toxicidad de los tensioactivos incluidos en la formulación de los herbicidas. En este sentido, varios trabajos reportaron efectos más tóxicos de los tensioactivos que el herbicida mismo (Mann & Bidwell, 1999; Glusczak *et al.*, 2006). En consecuencia, la toxicidad de Round-up se ha atribuido a su surfactante (POEA) (Peixoto, 2005; Glusczak *et al.* 2006, Mann *et al.*, 2009). Sin embargo, ha sido demostrado a través de varios estudios en invertebrados y seres humanos que el glifosato formulado (Round-up) y el ingrediente activo sólo causaron efectos deletéreos similares (Achiorno *et al.*, 2008; Benachour & Seralini, 2009; Gasnier *et al.*, 2009).

Esta investigación proporciona nuevos conocimientos sobre los efectos secundarios de diversos insecticidas y del herbicida glifosato sobre la biología de la araña *A. veniliae* permitiendo su uso como modelo para evaluar agroecosistemas. Además, este trabajo pone de relieve una vez más la importancia de las evaluaciones de efectos subletales en estudios ecotoxicológicos para reformular estrategias de control de plagas en los agroecosistemas.

## CONCLUSIONES GENERALES

- Las comunidades de arañas de los cultivos de soja transgénica de primera y de segunda siembra presentes en el área de estudio, presentaron un número de familias que representó un 22,4% y 32,6%, para soja de primera y de segunda, respectivamente, del total de familias de arañas citadas para la Argentina. Las familias predominantes fueron Hahniidae, Lycosidae, Tetragnathidae, Thomisidae, Anhyphaenidae y Araneidae.
- Ambos cultivos, fundamentalmente el de soja de segunda, exhibieron una alta diversidad de especies de arañas, y presentaron una elevada similitud, compartiendo 29 especies.
- A pesar de la simplificación del hábitat que representó el monocultivo de soja, la estratificación existente proporcionó una gama amplia de hábitats, contribuyendo a la partición trófica y espacial de los nichos dentro de la trama trófica de estos depredadores, y permitió la coexistencia de múltiples especies asociadas a presas similares.
- La efectividad de la depredación de las arañas, ya sea solas o como parte del complejo de enemigos naturales, en restringir las poblaciones de plagas ha sido citada por varios autores. Sin embargo, del presente estudio no se pueden sacar conclusiones acerca de su impacto en el control de los herbívoros, sino solo remarcar la importante coincidencia espacio-temporal entre varias familias de arañas del estrato herbáceo y los principales insectos herbívoros que atacan este cultivo.
- Las especies registradas presentaron una estratificación vertical, conformando un número mayor de gremios en soja de segunda, cuatro a nivel del follaje y cinco en la parte inferior de las plantas y el suelo. El 69% de los individuos colectados estuvieron en la mitad inferior de las plantas y el suelo. El gremio de las tejedoras de tela tipo sábana (soja de primera) y el de las cazadoras corredoras en suelo (soja de segunda), fueron los más importantes.



- El área de vegetación adyacente al cultivo de soja de segunda tuvo una mayor diversidad específica que el cultivo de soja. La similitud con el cultivo de soja de segunda fue alta y ambas áreas compartieron 48 especies. Al igual que en la soja de segunda, el gremio que se destacó por su abundancia relativa fue el de las cazadoras corredoras en el suelo.
- De acuerdo a lo observado en este estudio, se puede sugerir que la vegetación de presencia espontánea adyacente a los campos de cultivo podría proporcionar refugio y fuentes alternativas de alimento a distintas especies de arañas, cuando no está el cultivo. A partir de allí, muchas especies de arañas podrían colonizar tempranamente el cultivo cuando comienzan a aparecer los primeros herbívoros del mismo. De esta manera, cumpliría el rol potencial de promover la riqueza y abundancia de las poblaciones de arañas dentro del campo de cultivo, contribuyendo de esta manera con la mortalidad de algunas plagas.
- El rastreo de trigo, previo al cultivo de soja de segunda, contribuyó con una cantidad relativamente importante de especies, fundamentalmente de las familias Lycosidae, Hahniidae y Tetragnathidae, presentes en el área al momento de sembrarse la soja. Luego de la siembra, al comenzar el desarrollo del cultivo y con la aparición de una importante fuente de alimento representada por los herbívoros que se alimentan de la soja, comenzaron a registrarse otras especies que probablemente colonizaron el cultivo desde la vegetación adyacente. Éstas estuvieron representadas por especies de la familia Araneidae, principalmente, *Alpaida veniliae*, de la familia Lycosidae, *Schizocosa* sp, Anyphaenidae, *Tasata* sp., Oxyopidae, *Oxyopes salticus*, y Thomisidae, *Misumenops* sp.
- La reducción de familias y especies en la post-cosecha podría deberse a mortalidad debido a la desaparición del estrato herbáceo y al cambio climático debido al otoño, así como a la dispersión hacia las áreas de vegetación adyacentes. Las familias más representativas de este periodo fueron: Hahniidae, Theridiidae, Lycosidae y Oxyopidae.

- En el periodo post-cosecha, también hubo una reducción de familias y de algunas especies en la vegetación aledaña al cultivo, las cuales se atribuyen, fundamentalmente, a los cambios fenológicos de la vegetación y subsecuentes cambios en la trama trófica, debido al clima reinante en el otoño.
- Dentro del gremio de las tejedoras orbiculares, a nivel del estrato herbáceo, se destacó *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae), estando presente en distintos estados de desarrollo durante todos los estados fenológicos del cultivo de soja, y en el área de vegetación adyacente
- Varios de los aspectos de la biología de *A. veniliae* coinciden con lo reportado por diversos autores, en otras especies de arañas. Entre ellos, la estructura de la ooteca, las etapas del desarrollo post-embionario, el mayor número de estados juveniles en la hembra que en el macho, y el mayor tamaño corporal y longevidad de la hembra con relación al macho.
- Durante el comportamiento sexual de *A. veniliae*, el cortejo fue la etapa de mayor duración. Ella implicó más número de unidades de comportamiento en ambos sexos, aunque mayor en el macho. Si bien este comportamiento involucraría un mayor costo de energía y riesgo de depredación como lo indican algunos autores, se traduciría en un aumento en el desempeño (“fitness”), ya que garantizaría un mayor éxito de la fertilización masculina permitiendo al macho evitar ser confundido con una presa, reduciendo el riesgo de canibalismo. Sin embargo, el canibalismo sexual puede ser ventajoso para ambos sexos ya que las hembras cuando consumen a los machos pueden mejorar su fecundidad y los machos al sacrificar sus cuerpos luego de la cópula, aumentarían el éxito de la fertilización.
- El canibalismo sexual por parte de la hembra al finalizar la cópula no se relacionó con el estado de virginidad del macho, ni con el tamaño relativo del mismo, ni con la duración de la inserción del palpo. Sin embargo, del total de machos que insertaron el palpo derecho, el 85,3% fue canibalizado, mientras que solo el 22,6% lo fue cuando insertó el palpo izquierdo.

- Fueron escasos los intentos de una segunda cópula (“recópula”) en *A. veniliae*. El intento del macho de copular nuevamente con la misma hembra requirió reanudar el cortejo desde el principio.
- Las características de la historia de vida y los parámetros poblacionales de *A. veniliae*, indicaron que posee una importante capacidad potencial de incremento poblacional, en condiciones de laboratorio.
- Los insecticidas comúnmente usados en el cultivo de soja (cipermetrina, endosulfan, spinosad y metoxifenocida) afectaron negativamente a la mayoría de los atributos biológicos y ecológicos de las arañas *H. poliostruma*, perteneciente al gremio de las cazadoras corredoras en suelo y de *A. veniliae*, perteneciente al gremio de las tejedoras orbiculares. Los efectos negativos se manifestaron a nivel letal y subletal, cuando la contaminación fue por vía tópica o por ingestión de presas contaminadas.
- Los resultados obtenidos en esta investigación apoyan las observaciones que indican que después de aplicaciones de insecticidas en sistemas agrícolas, los Lycosidae desaparecen, lo cual resulta un indicador de ambientes perturbados o contaminados. *Hogna poliostruma* (Lycosidae), sufrió una elevada mortalidad por efecto de los insecticidas endosulfan y spinosad aplicados por vía tópica. El endosulfan presentó efectos tóxicos menores en *A. veniliae*.
- Los efectos letales en *A. veniliae* causados por ingestión de presa tratada con spinosad a 30 mg/l alcanzaron valores de mortalidad acumulada ( $\approx 80\%$ ), similares a los de *H. poliostruma* cuando fue tratada por contacto. De acuerdo a lo observado en este estudio, el spinosad resultó altamente tóxico por contacto y por ingestión, resultando más rápido su efecto por esta última vía. Este insecticida también provocó regurgitación de la presa y movimientos descoordinados en las pocas arañas sobrevivientes pasadas las 24 h, no pudiendo construir tela.
- Con relación a los efectos subletales, la cipermetrina fue el único insecticida ensayado que disminuyó significativamente la tasa de consumo de presa.

*Alpaida veniliae* evitó consumir la presa tratada con cipermetrina formulada, mientras que con cipermetrina técnica recién a las 48 h manifestó un leve rechazo.

- El efecto negativo de los insecticidas a nivel de la construcción de telas, fue notorio a nivel de los radios y las espiras. La cipermetrina, y especialmente a la concentración de campo, causó el mayor efecto negativo en la construcción de telas y en el tiempo que tardó la araña en construirla, de todos los insecticidas ensayados.
- Aunque algunas telas no tenían la forma orbicular o se encontraban incompletas, la cópula no fue afectada. Los machos cortejaron y las hembras respondieron al cortejo, siendo la cópula realizada en el hilo que colocó el macho (“hilo de apareamiento”), cercano a la tela de las hembra. Sin embargo, las telas defectuosas pueden afectar la captura de presas para su alimentación.
- La disminución del diámetro de los oocitos por algunos insecticidas podría deberse a procesos, hormonales, metabólicos y deficiencias nutritivas. La presencia de cuerpos grasos podrían ser adaptaciones fisiológicas importantes para el individuo, ya que algunos insectos tienen la capacidad de almacenar insecticidas a nivel de cuerpos grasos y ovarios en hembras adultas, como un proceso detoxificante.
- Si bien en el tratamiento con metoxifenocida no se observaron cuerpos grasos alrededor de los ovarios ni reducción en el diámetro de los oocitos, afectó a nivel celular. Estos efectos podrían deberse a procesos tales como muerte celular de los huevos inducidos por niveles de ecdisona que exceden a los niveles normales
- La ultra-estructura de los ovarios de las arañas tratadas con metoxifenocida mostró desorganización celular y en algunos casos células inactivas, degeneración celular, ecdisis inhibidas y espacios ecdiciales muy amplios, así como formación de doble membrana coriónica y la diferencia en el espesor de la misma.

- La fecundidad total de las hembras no fue afectada por los distintos insecticidas. Parece ser un proceso normal en las arañas que el número de huevos disminuya en la sucesivas ootecas. Esto podría ser explicado por la vejez espermática en la fertilización de los huevos influenciado por la edad del macho, y por la cantidad de espermatozoides transferida a la hembra durante la cópula. Sin embargo la fertilidad de los huevos resultó negativamente afectada por los insecticidas cipermetrina y metoxifenocida.
- El herbicida glifosato comercial, a diferencia de los insecticidas ensayados, no mostró efectos letales directos sobre las hembras tratadas. Estos resultados coinciden con los de algunos autores quienes no encontraron mortalidad en el corto plazo en artrópodos depredadores. Sin embargo, otros han registrado mortalidades altas en larvas de anfibios expuestos en forma crónica, incluso a concentraciones más bajas.
- En la presente investigación, se encontraron efectos subletales significativos del glifosato en la mayoría de los atributos estudiados. El efecto negativo observado en *A. veniliae*, a través del consumo de presas contaminadas, podría estar relacionado a alteraciones fisiológicas y bioquímicas producidas por las formulaciones de glifosato.
- Al igual que con los insecticidas usados, el glifosato afectó la construcción de la tela pero no afectó la cópula de *A. veniliae*, ya que las mismas fueron realizadas en el hilo del macho. El macho pudo reconocer y realizar el cortejo y la cópula normalmente.
- En relación a los otros efectos subletales, las hembras tratadas con glifosato no solo mostraron ovarios anormales con escaso desarrollo de los oocitos, sino que también el tamaño promedio de los mismos fue menor y aumentó el número de ootecas y masas de huevos anormales. La fecundidad y la fertilidad fueron los atributos más afectados.
- Los aspectos reproductivos podrían ser adicionalmente afectados por un pobre estado nutricional de la hembra debido al retraso en la construcción de la tela, y

por ende, a la menor eficiencia para capturar presas en condiciones de campo, lo cual afectaría su supervivencia. El efecto negativo sobre la supervivencia y la fecundidad se traduciría en una disminución del desempeño (“fitness”) de esta especie, en condiciones naturales.

- Esta investigación proporciona nuevos conocimientos sobre los efectos secundarios de diversos insecticidas y del herbicida glifosato sobre atributos biológicos y ecológicos de la araña *A. veniliae*. Además, pone de relieve la importancia de evaluar los efectos subletales de los plaguicidas para conocer el impacto real de los mismos sobre organismos no blanco.
- Aunque los efectos subletales han recibido menor atención que los efectos letales, ellos son relevantes desde el punto de vista ecológico, puesto que la reducción del desempeño de las poblaciones, a nivel local, puede generar riesgos para la conservación de la biodiversidad de artrópodos.
- De acuerdo a lo observado en este estudio, podría sugerirse que las comunidades de arañas en el cultivo de soja se verían beneficiadas por la presencia de vegetación natural adyacente a los campos de cultivo, permitiendo la colonización de arañas hacia el campo de cultivo.
- Por otra parte, los insecticidas usados, fundamentalmente el endosulfán y el herbicida glifosato produjeron efectos letales y subletales en las poblaciones de dos especies no blanco, pertenecientes a distintos gremios de arañas, lo cual alerta sobre el riesgo de pérdida de diversidad a nivel local.
- Esta investigación se inició para estudiar **“LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE ARAÑAS EN EL SISTEMA DE CULTIVO DE SOJA TRANSGÉNICA”**, sin embargo, a lo largo de la misma se tuvo noticia de ciertos hechos que no se pueden evitar mencionar, entre otros: 1) Estudios de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) demostraron que restos de glifosato y endosulfán, este último prohibido en muchos países por su toxicidad aunque en Argentina continúa empleándose, fueron hallados en los granos maduros y verdes de soja, e incluso en alimentos

ya procesados como milanesas o aceites, y en el suelo usado para la siembra, lo que causa la contaminación de las capas freáticas (Prensa UNL, 2009), 2) Una Comisión de Investigación creada por el gobernador de la provincia del Chaco, en diciembre del 2009, analizó estadísticas de salud en zonas con uso intensivo de agroquímicos. En sus conclusiones encontraron que en una década se triplicaron los casos de cáncer en niños y cuadruplicaron los nacimientos con malformaciones. Apuntan al glifosato, endosulfan, entre otros agroquímicos usados (Sayanes, 2010), 3) El Juzgado Civil y Comercial N° 14 de Resistencia (Chaco), a cargo de Héctor Edgardo García Redondo, hizo lugar a una medida cautelar y prohibió (29/4/2010) las fumigaciones a menos de mil metros de las viviendas (si las pulverizaciones se realizan vía terrestre) y 2 mil metros si son aéreas. Entre los productos prohibidos se encuentran el endosulfan y el glifosato (Aranda, 2010).

- **Quizá la parte más importante de esta investigación es la que condujo, tal como lo plantea Edgar Morin, a detectar las articulaciones y la integración del conocimiento, a formular interrogantes y a resistir a la simplificación.**

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Achiorno, C.; de Villalobos, C. & Ferrari, L. 2008. Toxicity of the herbicide glyphosate to *Chordodes nobilii* (Gordiida, Nematomorpha). *Chemosphere* 71: 1816-1822.
- Aguilar, P. 1989. Las arañas como controladoras de plagas insectiles en la agricultura peruana. *Rev. Per. Ent.* 11: 1-8.
- Altieri, M. 1995. *Agroecology: The science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder. 433 pp.
- Altieri, M. & Letourneau, D. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop protection* 1: 405-430.
- Amalin, D.; Peña, J.; Yu, J. & McSorley, R. 2000. Selective toxicity of some pesticides to *Hibana velox* (Araneae: Anyphaenidae), a predator of citrus leafminer. *Florida Entomol.* 83(3): 254-262.
- Amalin, D.; Reiskind, J.; Peña, J. & McSorley, R. 2001. Predatory behavior of three species of sac spiders attacking citrus leafminer. *J. Arachnol.* 29:72-81.
- Anderson, G. & Danielson, B. 1997. The effects of landscape composition and physiognomy on metapopulation size: the role of corridors. *Landscape Ecol.* 12: 261-271.
- Aranda, D. 2010. Freno a la fumigación.  
<http://www.constituyentesocial.org.ar/article732.html>
- Armendano, A. 2008. Ecología y rol depredador de la araneofauna presente en agroecosistemas de importancia económica (trigo y alfalfa). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.



- Atauri, J. & De Lucio, J. 2001. The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecol.* 16: 147-159.
- Austin, A. 1985. The function of spider egg sacs in relation to parasitoids and predators, with special reference to the Australian fauna. *J. Nat. Hist.* 19: 359-376.
- Austin, A.; & Anderson, D. 1978. Reproduction and development of the spider *Nephila edulis* (Koch) (Araneidae: Araneae). *Aust. J. Zool.* 26:501-518.
- Ayres, M.; Ayres Jr., M.; Ayres, D. & Santos, A. 2007. BioEstat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém, Pará, Brasil.
- Bailey, C. 1968. Life history of the spider, *Phidippus audax* (Hentz), in relation to biological control of grain sorghum insects. Ph.D. Thesis. Oklahoma State University, Stillwater.
- Bale, J.; Van Lenteren, J. & Bigler, F. 2008. Biological control and sustainable food production. 2008. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363: 761-776.
- Baoying, Q.; Gordon, G. & Gimme, W. 2001. Effects of neem-fed prey on the predacious insects *Harmonia conformis* (Boisduval) (Coleoptera: Coccinellidae) and *Mallada signatus* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). *Bio. Control* 22: 185-190.
- Basedow, T. 1985. Studies on the effects of deltamethrin sprays on the occurrence of the epigeal predatory arthropods in arable fields. *Pestic. Sci.* 16(2): 212-213.
- Basedow, T.; Rzehak, H. & Voss, K. 1985. Studies on the effect of deltamethrin sprays on the numbers of epigeal predatory arthropods occurring in arable fields. *Pest Sci.* 16(4): 325-331.

- Bauab, M. 1982. Contribuição ao estudo da biología de *Nephila clavipes* (L., 1767) (Araneae, Araneidae). II. Desenvolvimento pós-embrionário. Naturalia, São Paulo. 7: 79-84.
- Bayram, A. & Luff, M. 1993. Winter abundance and diversity of lycosids (Lycosidae, Araneae) and other spiders in grass tussocks in a field margin. Pedobiologia. 37: 357-364.
- Begenisic, F. 2002. El quinquenio de la soja transgénica. Buenos Aires: Secretaría de agricultura, Ganadería, pesca y Alimentos. 23 pp.
- Beltramo, J.; Bertolaccini, I. & González, A. 2006. Spiders of soybean crops in Santa Fe province, Argentina: influence of surrounding spontaneous vegetation on lot colonization. Braz. J. Biol. 66(3): 891-898.
- Bel'skaya, E. & Esyunin, S. 2003. Arachnids (Arachnidae) in a Spring Wheat Agroecosis in Southern Sverdlovsk Oblast and the Effect of Treatment with Decis, a Pyrethroid Insecticide, on Their Populations. Russ. J. Ecol. 34(5): 359-362.
- Bell, J.; Haughton, A.; Boatman, N. & Wilcox, A. 2002. Do incremental increases of the herbicide glyphosate have indirect consequences for spider communities?. J. Arachnol. 30: 288-297.
- Benachour, N. & Seralini, C. 2009. Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. Chem. Res. Toxicol. 22: 97-105.
- Benamú, M. 1999. Estudio preliminar de la araneofauna presente en mandarina cultivada en Vitarte, Lima, Perú. Rev. Per. Ent. 41: 154-157.
- Benamú, M. 2004. Estudio comparativo de la diversidad de arañas de un campo en abandono y un cultivo convencional de limonero (*Citrus limon* [L.] Burm.) en

- rincón del Cerro, Montevideo, Uruguay. Tesis de Maestría en Biología, opción zoología.
- Benamú, M. 2007. Clave para la determinación de algunas familias de arañas (Araneae, Araneomorphae) del Uruguay. Bol. Soc. Zool. Uruguay. 16(2): 1-19.
- Benamú, M. & Aguilar, P. 2001. Araneofauna presente en huertos de manzano del Valle de Mala, lima, Perú. Rev. Per. Ent. 42: 199-210.
- Benamú, M; Schneider, M; Pineda, S.; Sánchez, N. & González, A. 2007. Sublethal effects of two neurotoxic insecticides on *Araneus pratensis* (Araneae: Araneidae). Comm. Appl. Biol. Sci, Ghent University, 72(3): 557-559.
- Bergthaler, G. 1995. The cocoon of *Argiope bruennichi* (Scopoli, 1772) – a SEM-study. En: Růžicka, V. edc. Institute of Entomology, České Budějovice Proceedings of the 15<sup>th</sup> European Colloquium of Arachnology. pp. 22-26.
- Bimboni, M. 1985. Plagas de la soja. EEA San Pedro INTA. 10 pp.
- Bishop, L. & Riechert, S. 1990. Spider colonization of agroecosystems: mode and source. Environ. Entomol. 19:1738-1745.
- Blackburn, L. & Boutin, C. 2003. Subtle effects of herbicide use in the context of genetically modified crops: a case study with glyphosate (Roundup®). Ecotoxicology 12: 271–285.
- Bostanian, N.; Dondale, C.; Binns, M. & Pitre, D. 1984. Effects of pesticide use on spiders (Araneae) in Québec apple orchards. Can. Ent. 116: 663-675.
- Boulton, A. & G. Polis. 1999. Phenology and life history of the desert spider, *Diguetia mojavea* (Araneae, Diguetidae). J. Arachnol. 27, 513-521.

- Brennan, K.; Majer, J. & Reygaert, N. 1999. Determination of an optimal trap size for sampling spiders in a Western Australian Jarrah forest. *J. Insect Conserv.* 3: 297-307.
- Brown, M.; Schmeitt, J. & Abraham, B. 2003. Seasonal and diurnal dynamics of spiders (Araneae) in west Virginia orchards and the effect of orchard management on spider communities. *Environ. Entomol.* 32(4): 830-839.
- Büchs, W. 2003. Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agric. Ecosyst. Environ.* 98: 35-78.
- Burn, A. 1989. Long term affects of pesticides on natural enemies of cereal crop pests, pp. 177-193. En: P. C. Jepson, [ed.], *Pesticides and non-target invertebrates*. Intercept, Wimborne, Dorset, England.
- Byrne, F.; Castle, S.; Prabhaker, N. & Toscano, N. 2003. Biochemical study of resistance to imidacloprid in B biotype *Bemisia tabaci* from Guatemala. *Pest. Manag. Sci.* 59:347-52.
- Carton, B.; Smagghe, G. & Tirry, L. 2002. Toxicity of two ecdysone agonists, halofenozide and methoxyfenozide, against the multicoloured Asian lady beetle *Harmonia axyridis* (Col., Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 127(4): 240-242.
- Cauble, K. & Wagner, R. 2005. Sublethal effects of the herbicide glyphosate on amphibian metamorphosis and development. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 75: 429-435.
- Chapman, R. 1998. Reproductive system: female. En: "The insect, structure and function", 4th edn, pp 295-324. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cheli, G.; Armendano, A. & González, A. 2006. Preferencia alimentaria de arañas *Misumenops pallidus* (Araneae: Thomisidae) sobre potenciales insectos presa de cultivos de alfalfa. *Rev. Biol. Trop.* 54 (2): 505-513.

- Choi, Y. & Moo, M. 2003. Fine Structure of the Ovarian Development in the Orb-web Spider, *Nephila clavata*. Korean J. Entomol. 33(1): 25-32.
- Cisneros, J.; Goulson, D.; Derwent, L.; Penagos, D.; Hernández, O. & Williams, T. 2002. Toxic effects of spinosad on predatory insects. Biol. Control. 23: 156-163.
- Clausen, I. 1986. The use of spiders (Araneae) as ecological indicators. Bull. Br. Arachnol. Soc. 7: 83-86.
- Coddington, J.; Young, L. & Coyle, F. 1996. Estimating spider species richness in a southern Appalachian cove hardwood forest. J. Arachnol. 24: 111-128.
- Colwell, R. 2004. EstimateS. Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7. User's Guide and application at: <http://viceroy.eed.uconn.edu/estimates>
- Colwell, R. & Coddington, J. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Phil. Trans. Royal Soc. 345: 101-118.
- Costa, F.; Pérez-miles, F.; Gudynas, E. Prandi, L. & Capocasale, R. 1991. Ecología de los arácnidos criptozoicos, excepto ácaros, de Sierra de las Animas (Uruguay). Ordenes y familias. Aracnol. 13/15: 1-41.
- Crane, M. & Byrns, G. 2002. Review of ecotoxicological and biological test methods for the assessment of contaminated land. R & D Technical Report P300. Environment Agency & SNIFFER. 104 pp.
- Culin, J. & Rust, W. 1980. Comparison of the ground surface and foliage dwelling spider communities in a soybean habitat. Environ. Entomol. 9: 577-582.

- Culin, J. & Yeargan, K. 1983. Comparative study of spider communities in alfalfa and soybean ecosystems: ground-surface spiders. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76: 832-838.
- Dean, R.; Bonsall, M. & Pizzari, T. 2007. Aging and Sexual Conflict. *SCIENCE*. 316: 383-384.
- Deevey, G. 1949. The developmental history of *Latrodectus mactans* (Fabr.) at different rates of feeding. *American Midi. Nat.* 42: 189-219.
- Denno, R.; Mitter, M.; Langellotto, G.; Gratton, C. & Finke, D. 2004. Interactions between a hunting spider and a web-builder: consequences of intraguild predation and cannibalism for prey suppression. *Ecol. Entomol.* 29: 566-577.
- Desneux, N.; Decourtye, A. & Delpuech, J. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- Di Castri, F. & Younès, T. 1996. Biodiversity, science and development. CAB International/IUBS. Paris, Francia. Pp.1-11.
- Dinter, A. & Phoehling, H. 1995. Side-effects of insecticides on two Erigonid spider species. *Entomol. Exp. Appl.* 74(2): 151-163.
- Dippenaar-Schoeman, A. & Jocqué, R. 1997. African Spiders. An identification Manual. Plant Protection research Institute Handbook, n° 9. South Africa. 392 pp.
- Dondale, C. 1972. Effects of carbofuran on arthropod populations ana crop yield in hayfields. *Can. Ent.* 104: 1433-1437.
- Dondale, C. 1990. Soil Biology Guide. Litter Araneae (Araneida). Wiley-Interscience Publication. Chap. 17: 177-502.

- Downes, M. 1987. Postembryonic development of *Latrodectus hasselti* Thorell (Araneae, Theridiidae). J. Arachnol. 14: 293-301.
- Eberhard, W. 2004. Why study spider sex: special traits of spiders facilitate studies of sperm competition and cryptic female choice. J. Arachnol. 32: 545-556.
- Edwards, R. 1993. Can the species richness of spiders be determined? Psyche 100: 185-208.
- Elgar, M. & Nash, D. 1988. Sexual cannibalism in the garden spider *Araneus diadematus*. Anim Behav. 36(5): 1511-1517.
- Epstein, R.; Zack, S.; Brunner, J.; Gut, L. & Brown, J. 2000. Effects of broad-spectrum insecticides on epigeal arthropod biodiversity in Pacific Northwest apple orchards. Environ. Entomol. 29(2): 340-348.
- Ergin, E.; Er, A.; Uçkan, F. & Rivers, D. 2007. Effect of cypermethrin exposed hosts on egg-adult development time, number of offspring, sex ratio, longevity, and size of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera : Braconidae). Belg. J. Zool., 137 (1): 27-31.
- Escalante, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de CHAO. Ciencia y cultura 52: 53-56.
- Estévez, A.; González, A. & Schnack, J. 1984. Estadísticos vitales en especies argentinas del género *Latrodectus* Walckenaer (Araneae, Theridiidae). II. *Latrodectus antheratus* (Badcock), *Latrodectus corallinus* Abalos y *Latrodectus diaguita* Carcavallo. Physis 42(102): 29-37
- Fischer, M. & Vasconcellos-Neto, J. 2005. Development and life tables of *Loxosceles intermedia* Mello-Leitão 1934 (Araneae, Sicariidae). J. Arachnol. 33: 758-766.

- Flórez, E., J. Pinzon & A. Sabogal. 2002. Ciclo de vida y parámetros reproductivos de la araña orbitelar *Alpaida variabilis* (Araneae: Araneidae). Rev. Colomb. Entomol. 28(2): 183-189.
- Flórez, E.; Pinzón, J.; Sabogal, A. & Barreto, N. 2004. Selección de presas y composición de la dieta de la araña *Alpaida variabilis* (Araneae: Araneidae) en pastizales de la sabana de Bogotá, Colombia. Rev. Iber. Aracnol. 9: 241–248.
- Foelix, R. 1996. Biology of spiders. Second edition. Oxford University Press. New York, Oxford., NY, USA. 330 pp.
- Foellmer, M. & Fairbairn, D. 2004. Males under attack: sexual cannibalism and its consequences for male morphology and behaviour in an orb-weaving spider. Evol. Ecol. Res. 6: 163–181.
- Font, E.; Colmenares, F. & Guillén-Salazar, F. 1998. El lugar de la etología en las ciencias del comportamiento: un debate inacabado. Rev. Psicol. Gral. Aplic. 51(1): 55-83.
- Frampton, G. & Van den Brink, P. 2007. Collembola and macroarthropod community responses to carbamate, organophosphate and synthetic pyrethroid insecticides: Direct and indirect effects. Environ. Pollut. 147: 14-25.
- Fromhage, L. & Schneider, J. 2005. No discrimination against previous mates in a sexually cannibalistic spider. Naturwissenschaften 00: 1-4.
- Fromhage, L.; Uhl, G. & Schneider. 2003. Fitness consequences of sexual cannibalism in female *Argiope bruennichi*. Behav. Ecol. Sociobiol. 55: 60-64.
- Galiano, M. 1967. Ciclo biológico y desarrollo de *Loxosceles laeta* (Nicolet, 1849) (Araneae, Scytodidae). Acta Zool. Lilloana 23: 431-464.
- Galiano, M. 1972. El desarrollo postembrionario larval de *Ischnothele siemensi* Cambridge, 1896 (Araneae, Dipluridae). Physis. 31(82): 169-177.



- Galiano, M. 1991. Postembryonic development in ten species of neotropical Salticidae (Araneae). Bull. Br. Arachnol. Soc. 8(7): 209-218.
- Galiano, M. & Goloboff, P. 1996. Postembryonic development of *Actinopus* cf. *insignis* and *Diplura paraguayensis* (Araneae, Mygalomorphae). Bull. Br. Arachnol. Soc. 10(4): 121-126.
- Gardner, B. 1965. Observations on three species of *Phidippus* jumping spiders (Araneae, Salticidae). Psyche. 72: 133-147.
- Gaskett, A. 2007. Spider sex pheromones: emission, reception, structures, and functions. Biol. Rev. 82: 27-48.
- Gasnier, C.; Dumont, C.; Benachour, N.; Clair, E.; Chagnon, M. & Séralini, G. 2009. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. Toxicology 262: 184–189.
- Gerschman, B. & Schiapelli, D. 1963. Llave para la determinación de familias de arañas argentinas. Physis 24(67): 43-72.
- Ghersa, C. & Ghersa, M. 1989. Cambios ecológicos asociados con la introducción del cultivo de soja en la Pampa Ondulada. IV conferencia Mundial de Investigación en Soja. Buenos Aires. pp: 66-75.
- Gheysens, T., L. Beladjal, K. Gellynck, E. Van Nimben, L. Van Langenhove & J. Mertens. 2005. Egg sac structure of *Zygiella x-notata* (Arachnida, Araneidae). J. Arachnol. 33: 549–557.
- Giuseppe, K.; Druumond, F.; Stubbs, C. & Woods, S. 2006. The use of glyphosate herbicides in managed forest ecosystems and their effects on non-target organisms with particular reference to ants as bioindicators. Technical Bulletin 192. Maine Agricultural and Forest Experiment Station the University of Maine.

- Gluszczak, L.; dos Santos Miron, D.; Crestani, M.; Braga da Fonseca, M.; Araújo Pedron, F.; Duarte, M. & Pimentel Vieira, V., 2006. Effect of glyphosate herbicide on acetylcholinesterase activity and metabolic and hematological parameters in piava (*Leporinus obtusidens*). Ecotoxicol. Environ. Saf. 65: 237-241.
- González, A. 1979. Observaciones bioecológicas sobre una especie del género *Latrodectus* Walckenaer, 1805, del grupo *mactans* de Sierra de la Ventana (Prov. De Buenos Aires, Argentina) (Araneae, Theridiidae). III- Desarrollo postembrionario. Acta Zool. Lilloana. 35(1): 95-100.
- González, A. 1982. El desarrollo postembrionario de *Tidarren sisypoides* (Walckenaer) (Araneae, Theridiidae). Physis 41(100): 87-91.
- González, A. 1984. Desarrollo postembrionario y evolución de los órganos mecanorreceptores de *Latrodectus diagma* Carcavallo, y estudio de la tricobotriotaxia de *Latrodectus quartus* Abalos (Araneae, Theridiidae). Physis 42(102): 1-5.
- González, A. 1987. Ciclo biológico y desarrollo de *Steatoda retorta* González (Araneidae, Theridiidae). Rev. Soc. Ent. Argentina. 44(2): 185-197.
- González, A. & Armendano, A. 1995. Comportamiento sexual y producción de ootecas por *Achaearanea tepidariorum* (C.L.Koch) (Araneae, Theridiidae). Rev. Bras. Entomol. 39(2): 355-369.
- González, A. & Estévez, A. 1983. Estudio sobre una población de laboratorio de *Tidarren sisypoides* (Walckenaer) (Araneae, Theridiidae). Rev. Soc. Ent. Argentina. 42(1-4): 251-256.
- González, A. & Estévez, A. 1988. Estudio del desarrollo postembrionario y estadísticos vitales de *Theridion rufipes* Lucas, 1846 (Araneae, Theridiidae). Rev. Bras. Entomol. 32(3/4): 499-506.

- González, A. & Poncio, G. 1992. Analisis del comportamiento sexual de *Achaeearanea jequiritiba* Levi, 1963 (Araneae, Theridiidae). Graellsia 48: 9-18.
- González, A.; Castro, D. & Armendano, A. 1997. Análisis del crecimiento relativo de *Achaeearanea tepidariorum* (C.L. Koch) (Araneae, Theridiidae). Rev. Bras. Biol. 57(1): 21-29.
- González, A.; González, S.; Castro, D. & Armendano, A. 1998. Desarrollo postembrionario de *Latrodectus variegatus* (Araneae: Theridiidae). Rev. Biol. Trop. 46(1): 93-96
- González, A.; Liljesthröm, G.; Castro, D. & Armendano, A. 2009. Development and recruitment of *Misumenops pallidus* (Keyserling) (Araneae: Thomisidae), and its synchrony with three potential prey species in soybean cultures from Argentina. Entomological News 120 (1): 41- 52.
- Gotelli, N. 2001. A Primer of Ecology, 3rd Ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA. 265 pp.
- Gotelli, N. & Entsminger, G. 2001. EcoSim: Null models software for ecology. Versión 6.0.
- Goudey-Perrière, F.; Lemonnier, F.; Bergougnot, V. & Perrière, C. 2007. [Low doses of the pesticide lindane induce protein release by the fat body of female cockroach \*Blaberus craniifer\* \(Dictyoptera\)](#). Comp. Biochem. Physiol. C. Toxicol. Pharmacol. 4: 492-501.
- Green, J. 1996. Sampling method and time determines composition of spider collections. J. Arachnol. 27:176-182.
- Greenstone, M. 1999. Spider predation: how and why we study it. J. Arachnol. 27: 333-342.

- Guarisco, H. 2001. Description of the egg sac of *Mimetus notius* (Araneae, Mimetidae) and case of egg predation by *Phalacrotophora epeirae* (Diptera, Phoridae). J. Arachnol. 29(2): 267-269.
- Guzmán-Mendoza, R. 2002. Arañas: Reproductoras voraces. ContactoS. 46: 31-41.  
<http://www.izt.uam.mx/contactos/n46ne/aranas.pdf>
- Hagen, K.; Mills, N.; Gordh, G. & McMurtry, J. 1999. Terrestrial arthropod predators of insect and mite pests. En: T.S. Bellows & T.W. Fisher (Eds.). Handbook of biological control: principles and applications of biological control. AP Academic Press, San Diego.
- Halaj, J.; Cady, A. & Uetz, G. 2000. Modular Habitat Refugia Enhance Generalist Predators and Lower Plant Damage in Soybeans. Environ. Entomol. 29(2): 383-393.
- Halffter, G.; Soberón, J.; Koleff, P. & Melic, A. 2005. Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gamma. Monografías 3<sup>er</sup> Milenio 4: 1-242.
- Harcourt, D.; Aragón J. & González, R. 1986. Plagas de la alfalfa. En C. Bariggi, B.L. Marble, C.D. Itria & J.M. Brun (eds.) investigación, tecnología y producción de alfalfa. Colección Científica del INTA. Tomo XXII, Buenos Aires, Argentina. 488 pp.
- Haughton, A.; Bell, J.; Boatman, N. & Wilcox, A. 1999. The effects of different rates of the herbicide glyphosate on spiders in arable field margins. J. Arachnol. 27: 249-254.
- Haughton, A. Bell, J.; Wilcox, A. & Boatman, N. 2001 a. The effect of the herbicide glyphosate on non-target spiders: Part I. Direct effects on *Lepthyphantes tenuis* under laboratory conditions. Pest Manag. Sci. 57: 1033-1036.

- Haughton, A.; Bell, J.; Boatman, N. & Wilcox, A. 2001 b. The effect of the herbicide glyphosate on non-target spiders: Part II. Indirect effects on *Lepthyphantes tenuis* in field margins. *Pest Manag. Sci.* 57: 1037-1042.
- Hayat, M. 2000. Principles and techniques of electron microscopy. Biological applications. Cambridge University Press. 593 pp.
- Herberstein, M.; Schneider, J. & Elgar, M. 2002. Costs of courtship and mating in a sexually cannibalistic orb-web spider: female mating strategies and their consequences for males. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 51:440–446.
- Herberstein, M.; Gaskett, A.; Vella, N. & Elgar, M. 2005. Limits to male copulation frequency: sexual cannibalism and sterility in St Andrew's Cross Spiders (Araneae, Araneidae). *Ethology* 111: 1050-1061.
- Hesselberg, T. & Vollrath, F. 2004. The effects of neurotoxins on web-geometry and web-building behavior in *Araneus diadematus* Cl. *Physiol. Behav.* 82: 519-529.
- Hieber, C. 1992. The role of spider cocoons in controlling desiccation. *Oecologia* 89: 442-448.
- Hislop, R. & Prokopy, R. 1981. Integrated management of phytophagous mites in Massachusetts (USA) apple orchards. 2. Influence of pesticides on the predator *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) under laboratory and field conditions. *Prot. Ecol.* 3:157–172.
- Hodge, S. & Vink, C. 2000. An evaluation of *Lycosa hilaris* as a bioindicator of organophosphate insecticide contamination. *N. Z. Plant Protect.-Se.* 53: 226-229.
- Hoefler, C.; Chen, A. & Jakob, E. 2006. The Potential of a Jumping Spider, *Phidippus clarus*, as a Biocontrol Agent *J. Econ. Entomol.* 99(2): 432-436.

- Hormiga, G.; Scharff, N.; & Coddington, J. 2000. The phylogenetic basis of sexual size dimorphism in orb-weaving spiders (Araneae, Orbiculariae). *Syst. Biol.* 49(3): 435-462.
- Hosken, D. & Stockley, P. 2004. Sexual selection and genital evolution. *Trends in Ecology & Evolution.* 19(2): 87-93.
- Hunter, M. 1996. *Fundamentals of conservation Biology*. Blackwell, Cambridge, Mass. 516 pp.
- Ibarra, G. 1990. Los artrópodos asociados a cafetos en un cafetal mixto del Soconusco, Chiapas, México. I. Variedad y abundancia. *Folia Entomol. Mex.* 79: 207-231.
- Isaia, M.; Bona, F. & Badino, G. 2006. Influence of landscape diversity and agricultural practices on spider assemblage in Italian vineyards of Langa Astigiana (northwest Italy). *Environ. Ecol.* 35(2): 297-307.
- Jackson, R. 1978. Life history of *Phidippus johnsoni* (Araneae, Salticidae). *J. Arachnol.* 6: 1-29.
- Jakob, E. & H. Dingle. 1990. Food level and life history characteristics in a pholcid spider. *Psyche* 97: 95-110.
- Jeanneret, Ph.; Schüpbach, B. & Luka, H. 2003. Quantifying the impact of landscape and habitat features on biodiversity in cultivated landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 98: 311–320.
- Jepson, P. 1989. The temporal and spatial dynamics of pesticide side-effects on non-target invertebrates, p. 95-125. En P.C. Jepson (ed.). *Pesticides and non-target invertebrates*. Intercept, Andover, UK. 254 pp.
- Jepson, P. & Thacker, J. 1990. Analysis of the spatial component of pesticide side effects on non-target invertebrate populations and its relevance to hazard analysis. *Funct. Ecol.* 4: 349-355.

- Jiménez-Valverde, A. & Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Rev. Iber. Aracnol.* 8: 151-161.
- Jones, T.; Featherston, R.; Paris, D. & Elgar, M. 2007. Age-related sperm transfer and sperm competitive ability in the male hide beetle. *Behav. Ecol.* 18: 251-258.
- Kaston, B. 1982. How to know spiders. 3rd ed. Wm. C. Brown, Dubuque, IA. 272 pp.
- Khebbab, M.; Gaouaoui, R. & Bendjeddou, F. 2008. Tebufenozide effects on the reproductive potentials of the mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*. *Afr. J. Biotechnol.* 7 (8): 1166-1170.
- Kiss, B. & Samu, F. 2002. Comparison of autumn and winter development of two wolf spider species (*Pardosa*, Lycosidae, Araneae) leaving different life history patterns. *J. Arachnol.* 30: 409-415.
- Kogan, M. & Jepson, P. 2007. Perspectives in ecological theory and integrated pest management. Cambridge University Press. 400 pp.
- Lajmanovich, R.; Sandoval, M. & Peltzer, M. 2003. Induction of mortality and malformation in *Scinax nasicus* tadpoles exposed to glyphosate formulations. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 70: 612–618.
- Lanteri, A.; Loiacono, M.; Díaz, N & Marvaldi, A. 1998. Natural enemies of weevils (Coleoptera: Curculionidae) harmful to crops in Argentina. *Rev. Bras. Ent.* 41 (2-4): 517-522.
- Lemke, A. & Poehling, H. 2002. Sown weed strips in cereal fields: overwintering site and “source” habitat for *Oedothorax apicatus* (Blackwall) and *Erigone atra* (Blackwall) (Araneae: Erigonidae). *Agric. Ecosyst. Environ.* 90: 67-80.

- Lesar, C. & Unzicker, J. 1978. Life history, habits, and prey preferences of *Tetragnatha laboriosa* (Araneae: Tetragnathidae). Environ. Entomol. 7(6): 879-884.
- Lin-Quan, G.; Jun-Huan, H.; Jin-Cai, W.; Guo-Qing, Y. & Hainan, G. 2009. Insecticide-induced changes in protein, RNA, and DNA contents in ovary and fat body of female *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). J. Econ. Entomol. 102(4): 1506-1514.
- Liljesthröm, G.; Minervino, E.; Castro, D. & González, A. 2002. La Comunidad de Arañas del Cultivo de Soja en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Neotrop. Entomol. 31(2): 197-210.
- Luna, M.; Minervino, E. & Bercellini, N. 1996. Diagnóstico sobre el manejo de plagas en el cultivo de soja en el partido de Chivilcoy, Buenos Aires, Argentina. Rev. Fac. Agronomía La Plata 101:1-6.
- Magurran, A. 1989. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 179 pp.
- Maklakov, A.; Bilde, T. & Lubin, Y. 2003. Vibratory courtship in a web-building spider: signalling quality or stimulating the female?. Anim. Behav. 66: 623-630.
- Maloney, D.; Drummond, F. & Alford, R. 2003. Spider Predation in Agroecosystems: Can Spiders Effectively Control Pest Populations?. Maine agricultural and forest experiment station. The University of Maine. Orono. Technical Bulletin (190). 32 pp.
- Mann, R. & Bidwell, J. 1999. Toxicological issue of amphibians in Australia. En: Campbell, A. (Ed.), Declines and disappearances of Australian frogs. Environment Australia, Canberra, ACT, Australia, pp. 185-201.
- Mann, R.; Hyne, R.; Choung, C. & Wilson, S. 2009. Amphibians and agricultural chemicals: review of the risks in a complex environment. Environ. Pollut. 157: 2903-2927.



- Mansour, F. 1987. Effect of pesticides on spiders occurring on apple and citrus in Israel. *Phytoparasitica* 15(1): 43-50.
- Mansour, F.; Rosen, D. & Shulov, A. 1980. A survey of spider populations (Araneae) in sprayed and unsprayed apple orchards in Israel and their ability to feed on larvae of *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Ecol. Applic.* 1(2): 189-197.
- Mansour, F.; Rosen, D.; Shulov, A. & Plaut, H. 1980. Evaluation of spiders as biological control agents of *Spodoptera littoralis* larvae on apple in Israel. *Ecol. Applic.* 1(3): 225-232.
- Mansour, F.; Rosen, D.; Plaut, H. & Shulov, A. 1981. Effect of commonly used pesticides on *Chiracanthium mildei* and others piders occurring on apple. *Phytoparasitica* 9 (2): 139-144.
- Mansour, F. & Nentwig, W. 1988. Effects of agrochemical residues on four spider taxa: laboratory methods for pesticide tests with web-building spiders. *Phytoparasitica* 16: 317–26.
- Manzoni, G.; Grützmacher, A.; Pinheiro Giolo, F.; da Roza Härter, W. & Müller, C. 2006. Selectividade de agrotóxicos usados na produção integrada de maçã para adultos de *Trichogramma pretiosum*. *Pesq. Agropec. Bras., Brasilia* 41: 1461–1467.
- Marc, P.; Canard, A. & Ysnel, F. 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74: 229-273.
- Marshall, S.; Walker, S. & Rypstra, A. 2006. Two ecologically-divergent generalists predators have different responses to landscape fragmentation. *Oikos* 114: 241-248.
- Mauchline, A.; Osborne, J. & Powell, W. 2004. Feeding responses of carabid beetles to dimethoate-contaminated prey. *Agric. For. Entomol.* 6: 99-104.

- Medina, P; Budia, F.; Del Estal, P. & Viñuela, E. 2003. Effects of three modern insecticides, pyriproxyfen, spinosad and tebufenozide, on survival and reproduction of *Chrysoperla carnea* adults. *Ann. appl. Biol.* 142: 55-61.
- Mercier, C. 2003. Vibration transmission characteristics of silk produced by the British cribellate spider *Amaurobius similis*.  
<http://www.biolog-e.leeds.ac.uk/Biolog-e/uploads/clairemercier.pdf>
- Minervino, E. 1993. Life cycle of *Misumenops pallida* (Araneae, Thomisidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.* 88(1): 49-52.
- Minervino, E. 1996. Estudio biológico y ecobiológico de arañas depredadoras de plagas de la soja. Tesis para optar el título de Doctor en Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires – Argentina.
- Miyashita, T. 1986. Growth, egg production, and population density of the spider, *Nephila clavata* in relation to food conditions in the field. *Res. Popul. Ecol.* 28: 135-149.
- Molinari, A. 1987. Conceptos y descripción de especies entomófagas asociadas a insectos plaga del cultivo de soja. Publicación Miscilánea Nro 19 E.E.A., Oliveros, INTA. 13 pp.
- Molinari, A. & Minervino, E. 2006. Características generales e importancia de las arañas como agentes depredadores de insectos plagas. Centro regional Santa Fe, estación experimental agropecuaria Oliveros, grupo protección vegetal – sección entomología.
- Mommaerts, V.; Sterk, G. & Smagghe, G. 2006. Bumblebees can be used in combination with juvenile hormone analogues and ecdysone agonists. *Ecotoxicology* 15: 513-521.

- Moon, M. 2003. Fine Structural Analysis of the Cocoon Silk Production in the Garden Spider, *Argiope aurantia*. Korean J. Biol. Sci. 7: 35-41.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Morley, H. 1992. Pesticides: A General Introduction. En: Methods to Assess Adverse Effects of Pesticides on Non-target Organisms. Scientific Committee On Problems of the Environment. SCOPE 49.  
<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope49/contents.html>
- Nath, V. 1928. Studies in the Origin of Yolk. I. Oogenesis of the Spider, *Crossopriza lyoni* (Blackwall). Quart. Journ. Micr. Sci. (N. S.). 72: 277-300.
- Nessler, S.; Uhl, G. & Schneider, J. 2007. Genital damage in the orb-web spider *Argiope bruennichi* (Araneae: Araneidae) increases paternity success. Behav. Ecol. 18:174-181.
- Nentwing, W. 1982. Why do only certain insects escape from a spider's web?. Oecologia 53: 412-417.
- Nentwig, W. 1988. Augmentation of beneficial arthropods by strip-management: succession of predacious arthropods and long-term change in the ratio of phytophagous and predacious arthropods in a meadow. Oecologia 76: 597-606.
- Newman, M. & Unger, M. 2003. Fundamentals of ecotoxicology. CRC press. Boca Raton, Washington. 458 pp.
- Norris, R. & Kogan, M. 2005. Ecology of interactions between weeds and arthropods. Annu. Rev. Entomol. 50: 479-503.
- Nyffeler, M. 1999. Prey selection of spiders in the field. J. Arachnol. 27, 317-324.

- Nyffeler, M. & Benz, G. 1987. Spiders in natural pest control: A review. J. Appl. Ent. 103: 321-339.
- Nyffeler, M.; Breene, R.; Dean, D. & Sterling, W. 1990. Spiders as predators of arthropod eggs. J. Appl. Ent. 109: 490-501.
- Nyffeler, M.; Sterling, W. & Dean, D. 1994. Insectivorous activities of spiders in United States field crops. J. Appl. Entomol. 118, 113-128.
- Öberg, S. & Ekbom, B. 2006. Recolonisation and distribution of spiders and carabids in cereal fields after spring sowing. Ann. Appl. Biol. 149, 203–211.
- Öberg, S.; Ekbom, B. & Bommarco, R. 2007. Influence of habitat type and surrounding landscape on spider diversity in Swedish agroecosystems. Agr. Ecosyst. Environ. 122: 211-219.
- Öberg, S.; Mayr, S & Dauber, J. 2008. Landscape effects on recolonisation patterns of spiders in arable fields. Agr. Ecosyst. Environ. 123: 211-218.
- Olszak, R.; Luczak, J.; Niemczyk, E. & Zajac, R. 1992. The spider community associated with apple trees under different pressure of pesticides. Ekol. Pol. 40(2): 265-286.
- Palmer, M. 1990. The estimation of species richness by extrapolation. Ecology 71: 1195-1198.
- Paoletti, M. & Pimentel, D. 2000. Environmental risk of pesticides versus genetic engineering for agricultural pest control. J. Agric. Environ. Ethics 12: 279–303.
- Patil, B.; Prabhu, S. & Rajashekhar, K. 2006. Lyriform slit sense organs on the pedipalps and spinnerets of spiders. J. Biosci. 31: 75-84.
- Paz, N. 1993. Aspectos de la biología reproductiva de *Linothele megatheloides* (Araneae: Dipluridae). J. Arachnol. 21: 40-49.

- Pearce, S.; Hebron, W.; Raven, R.; Zalucki, M. & Hassan, E. 2004. Spider fauna of soybean crops in south-east Queensland and their potential as predators of *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). Aust. J. Entomol. 43: 57-65.
- Pearce, S.; Zalucki, M. & Hassan, E. 2005. Spider ballooning in soybean and non-crop areas of southeast Queensland. Agr. Ecosyst. Environ. 105: 273-281.
- Peaslee, J. & Peck, W. 1983. The biology of *Octonoba octonarius* (Muma) (Araneae: Uloboridae). J. Arachnol. 11: 51-67.
- Peixoto, F. 2005. Comparative effects of the Roundup and glyphosate on mitochondrial oxidative phosphorylation. Chemosphere 61: 1115–1122.
- Pekár, S. 1998. Effect os selective insecticidas on the beneficial spider community of a pear orchard in the Czech Republic. P.A. Selden (ed.) Proceedings of the 17<sup>th</sup> European Colloquium of Arachnology, Edinburgh 1997. pp. 338-342.
- Pekár, S. 1999a. Effect of IPM practices and convencional spraying on spider population dynamics in an apple orchard. Agr. Ecosys. Environ. 73: 155-166.
- Pekár, S. 1999b. Side-effect of integrated pest management ana convencional spraying on the composition of epigeic spiders and harvestmen in an apple orchard (Araneae, Opiniones). J. Appl. Ent. 123: 115-120.
- Pekár, S. 1999c. Foraging mode: a factor affecting the susceptibility of spiders (Araneae) to insecticida applications. Pestic. Sci. 55: 1077-1082.
- Pekár, S. 2002. Susceptibility of the spider *Theridion impressum* to 17 pesticides. Pest Sci. 75: 51-55.
- Penagos, D.; Cisneros, J.; Hernández, O. & Williams, T. 2005. Lethal and sublethal effects of the naturally derived insecticide spinosad on parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Biocontrol Sci. Techn. 15(1): 81-95.

- Perafán, C. & Flórez, E. 2004. Composición y distribución espacio-temporal de las comunidades de arañas (Arachnida: Araneae) en el sistema de cultivo maíz-soya de la altillanura plana colombiana, municipio de Puerto López, Meta. Acta Biológica Colombiana. Volumen 9 No. 2.  
<http://www.virtual.unal.edu.co/revistas/actabiol/Resumenes/Resumenes%20TG%2092/35-Res.pdf>
- Pérez-López, F. & Sola-Fernández, F. 1993. DIVERS: Programa para el cálculo de los índices de diversidad.
- Pérez-Miles, F.; Simó, M.; Toscazo, C. & Useta, G. 1999. La comunidad de Araneae criptozoicas del Cerro de Montevideo, Uruguay: un ambiente rodeado por urbanización. Physis 57: 73-87.
- Persons, M.; & Uetz, G. 1996. Wolf spiders vary patch residence time in the presence of chemical cues from prey (Araneae, Lycosidae). J. Arachnol. 24: 76-79.
- Persons, M. & Rypstra, A. 2001. Wolf spiders show graded antipredator behavior in the presence of chemical cues from different sized predators. J. Chem. Ecol. 27: 2493-2504.
- Persons, M.; Walker, S.; Rypstra, A. & Marshall, S. 2001. Wolf spider predator avoidance tactics and survival in the presence of diet-associated predator cues (Araneae: Lycosidae). Anim. Behav. 61: 43-51.
- Persons, M.; Walker, S. & Rypstra, A. 2002. Fitness costs and benefits of antipredator behavior mediated by chemotactile cues in the wolf spider *Pardosa milvina* (Araneae: Lycosidae). Behav. Ecol. 13(3): 386-392.
- Pickett, S. & White, P. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, San Diego, CA. USA. 472 pp.

- Pineda, S.; Budia, F.; Schneider, M. Gobbi, A., Viñuela, E. & Del Estal, P. 2000. Efectividad biológica de spinosad y del regulador del crecimiento metoxifenocida (RH-2485) sobre huevos de *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera: Noctuidae). Bol. San. Veg. Plagas 26: 483-491.
- Pineda, S.; Budia, F.; Schneider, M.; Gobbi, A.; Viñuela, E.; Valle, J. & Del Estal, P. 2004. Effects of two biorational insecticides, spinosad and methoxyfenozide, on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. J. Econ. Entomol. 97(6): 1906-1911.
- Pineda, S.; Martínez, A.; Schneider, M.; Figueroa, J. & Zaleta, U. 2010. Los agonistas de la hormona de la muda de los insectos: una nueva clase de reguladores del crecimiento de los insectos. Revista Fitotecnia Mexicana (En prensa).
- Pinnacle Systems, Inc. 2002. Pinnacle Studio 9, editor de video.
- Platnick, N. 2010. The World Spider Catalog, Version 11.0.  
<http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/>
- Polis, G.; Myers, C. & Hold, R. 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. Annu. Rev. Ecol. Syst. 20: 297-330.
- Prenter, J.; MacNeil, C. & Elwood, R. 2006. Sexual cannibalism and mate choice. Anim. Behav. 71(3): 481-490.
- Prensa UNL. (2009). Detectan glifosato y endosulfán en la soja. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.  
<http://www.unl.edu.ar/noticias/noticia.php?nid=6481>

- Punzo, F. 2002. Early experience and prey preference in the lynx spider, *Oxyopes salticus* Hentz (Araneae: Oxyopidae). J. New York Entomol. Soc. 110(2): 255-259.
- Punzo, F. & Kukoyi, O. 1997. The effects of prey chemical cues on patch residence time in the wolf spider *Trochosa parthenus* (Chamberlin) (Lycosidae) and the lynx spider *Oxyopes salticus* Hentz (Oxyopidae). Bull. Brit. Arachnol. Soc. 10(9): 323-326.
- Ramousse, R. 1973. Body, web-building and feeding characteristics of males of spider *Araneus diadematus* (Araneae: Araneidae). Psyche 80(1-2): 22-47.
- Reigart, J. & Roberts, J. 1999. Reconocimiento y manejo de los envenenamientos por pesticidas. Quinta edición. Washington, DC. 252 pp.
- Reinke, M. 2006. The sublethal effects of ecdysone agonists on the attractiveness, responsiveness, fertility and fecundity of oriental fruit moth, and a comparative examination with codling moth on larval feeding damage. A Thesis presented to the Faculty of the Graduate School University of Missouri-Columbia. Requirements for the Degree Masters of Science.
- Reish, D. y Oshida, P. 1987. Manual of methods in aquatic environment research. Part 10 – Short-Term Static Bioassays. FAO. Roma - Italia. 62 pp.
- Richard, S.; Moslemi, S.; Sipahutar, H.; Benachour, N. & Seralini, G. 2005. Differential effects of glyphosate and Roundup on human placental cells and aromatase. Environ. Health Perspect. 113: 716–720.
- Riechert, S. & Luczak, J. 1982. Spider foraging: Behavioural responses to prey. En: Spider Communication. Witt, P. N. & Rovner, J. (eds.). Princeton University. 353-385.
- Riechert, S. & T. Lockley. 1984. Spiders as biological control agents. Annu. Rev. Entomol. 29: 299-320.



- Riechert, S. & Lawrence, K. 1997. Test for predation effects of single versus multiple species of generalist predators: Spiders and their insect prey. *Entomol. Exp. Appl.* 4: 147-155.
- Rinaldi, I. 1998. Aranhas em agroecossistemas no Brasil. *Anais do VI SICONBIOL*, RJ, Brasil. Pp. 384-388.
- Robinson, M. & Robinson, B. 1978. The evolution of courtship systems in tropical araneid spiders. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 42: 17-29.
- Rodríguez, J. & Esclapés, M. 1995. Protocolos estándares para bioensayos de toxicidad con especies acuáticas. Versión 1.0. Gerencia General de Tecnología. Departamento de Ecología y Ambiente. INTEVEP. PDVSA. Venezuela. 109 pp.
- Ross, J.; Richman, D.; Mansour, F.; Trambarulo, A. & Whitcomb, W. 1982. The life cycle of *Heteropoda venatoria* (Linnaeus) (Araneae: Heteropodidae). *Psyche* 89: 297-306.
- Rypstra, A. & Carter, P. 1995. The web-spider community of soybean agroecosystems in southwestern Ohio. *J. Arachnol.* 23: 135-144.
- Rypstra, A. & Samu, F. 2005. Size dependent intraguild predation and cannibalism in coexisting wolf spiders (Araneae, Lycosidae). *J. Arachnol.* 33: 390-397.
- Rypstra, A.; Carter, P.; Balfour, R. & Marshall, S. 1999. Architectural features of agricultural habitats and their impact on the spider inhabitants. *J. Arachnol.* 27: 371-377.
- Saavedra, E.; Flórez, E. & Fernández C. 2007. Capacidad de depredación y comportamiento de *Alpaida veniliae* (Araneae: Araneidae) en el cultivo de arroz. *Rev. Colomb. Entomol.* 33 (1): 74-76.

- Samu, F. & Lövei, G. 1995. Species richness of a spider community (Araneae): extrapolation from simulated increasing sampling effort. *Eur. J. Entomol.* 92: 633-638.
- Samu, F. & Vollrath, F. 1992. Spider orb web as bioassay for pesticide side effects. *Entomol. Exp. Appl.* 62:117-124.
- Samu, F.; Matthew, G.; Lake, D. & Vollrath, F. 1992. Spider webs are efficient collectors of agronomical spray. *Pest. Sci.* 36: 47-51.
- Samu, F.; Sunderland, K. & Szinetár, C. 1999. Scale-dependent dispersal and distribution patterns of spiders in agricultural systems: a review. *J. Arachnol.* 27: 325-332.
- Samu, F.; Toft, S. & Kiss, B. 1999. Factors influencing cannibalism in the wolf spider *Pardosa agrestis* (Araneae, Lycosidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 45: 349-354.
- Sasaki, T. & Iwahashi, O. 1995. Sexual cannibalism in an orb-weaving spider *Argiope aemula*. *Anim. Behav.* 49: 1119-1121.
- Sayanes, D. 2010. Enfermedad agroquímica. Red Eco (Chaco).  
<http://attacargentina.com.ar/leer.php/742587>
- Scharff, N.; Coddington, J.; Griswold, C.; Horminga, G. & Bjorn, P. 2003. When to quit? Estimating spider species richness in a northern European deciduous forest. *J. Arachnol.* 31: 246-273.
- Scheiner, S. & Gurevitch, J., 2001. Design and analysis of ecological experiments. Oxford University Press, Oxford, New York, USA. 415 pp.
- Schmidt, M. & Tschardtke, T. 2005. Landscape context of sheetweb spider (Araneae: Linyphiidae) abundance in cereal fields. *J. Biogeogr.* 32: 467-473.

- Schmidt, M.; Lauer, A.; Purtauf, T.; Thies, C.; Schaefer, M. & Tscharntke, T. 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proc. R. Soc. Lond.* 270: 1905-1909.
- Schnack, J.; González, A. & Estévez, A. 1983. Estadísticos vitales en especies argentinas del género *Latrodectus* Walckenaer (Araneae, Theridiidae). I. *Latrodectus mirabilis* Holmberg. *Neotropica* 29(82): 141-152.
- Schneider, J. & Lubin, Y. 1998. Intersexual conflict in spiders. *Oikos* 83: 496-506.
- Schneider, J. & Elgar, M. 2001. Sexual cannibalism and sperm competition in the golden orb-web spider *Nephila plumipes* (Araneoidea): female and male perspectives. *Behav. Ecol.* 12: 547-552.
- Schneider, J. & Elgar, M. 2002. Sexual cannibalism in *Nephila plumipes* as a consequence of female life history strategies. *J. Evol. Biol.* 15: 84-91.
- Schneider, J.; Gilberg, S.; Fromhage, L. & Uhl, G. 2006. Sexual conflict over copulation duration in a cannibalistic spider. *Anim. Behav.* 71: 781-788.
- Schneider, M.; Sanchez, N.; Pineda, S.; Chi, H. & Ronco, A. 2009. Impact of glyphosate on the development, fertility and demography of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): ecological approach. *Chemosphere* 76: 1451-1455.
- Séralini, G., de Vendômois, J.; Cellier, D.; Sultan, C.; Buiatti, M.; Gallagher, L.; Antoniou, M. & Dronamraju, K. 2009. How subchronic and chronic health effects can be neglected for GMOs, pesticides or chemicals. *Int. J. Biol. Sci.* 5: 438-443.
- Shaw, E.; Wheeler, C. & Langan, A. 2003. Do pesticide application influence feeding and locomotor behaviour of *Pardosa amentata* (Clerck) (Araneae: Lycosidae)? *European Arachnology*. (Logunov, D. & Penney, D. eds.), pp. 297-305.

- Shaw, E.; Waddicor, M. & Langan, M. 2006. Impact of cypermethrin on feeding behaviour and mortality of the spider *Pardosa amentata* in arenas with artificial “vegetation”. *Pest Manag. Sci.* 62 (1): 64-68.
- Simó, M. & Bardler, G. 1989. Desarrollo postembrionario de *Phoneutria keyserlingi* (Pickard-Cambridge, 1989) (Araneae, Ctenidae). *Bol. Soc. Zool. Uruguay* 5(2): 15-16.
- Skow, C. & Jacob, E. 2003. Effects of maternal body size on clutch size and egg weight in a pholcid spider (*Holocnemus pluchei*). *J. Arachnol.* 31: 305-308.
- Smagghe, G.; Viñuela, E.; Budia, F. & Degheele, D. 1996. In vivo and In vitro effects of the nonsteroidal ecdysteroid agonist tebufenozide on cuticle formation in *Spodoptera exigua*: an ultrastructural approach. *Arch. Insect Biochem.* 32:121-134.
- Snyder, W. & Wise, H. 1999. Predator interference and the establishment of generalist predator populations for biocontrol. *Biol. Control.* 15: 283-292.
- Spriggs, S. 1995. Spiders: courtship behaviors that both stimulate the female and ensure the male is not mistaken for a prey item.  
[http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en507/papers\\_1995/spriggs.htm](http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en507/papers_1995/spriggs.htm)
- Sørensen, L.; Coddington, J. & Scharff, N. 2002. Inventorying and estimating subcanopy spiders diversity using semiquantitative sampling methods in an afro-montane forest. *Environ. Entomol.* 31: 319-330.
- Specht, H. & C. Dondale. 1960. Spider populations in New Jersey apple orchards. *J. Econ. Entomol.* 53(5): 810-814.
- Stark, J. & Banks, J. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 48: 505-519.

- Stark, J.; Vargas, R. & Banks, J. 2007. Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. *J. Econ. Entomol.* 100(4): 1027-1032.
- StatPoint Inc. 2007. STATGRAPHICS Centurion XV, versión 15.2.05.
- StatSoft Inc. 2004. STATISTICA, versión 7.
- Stenersen, J. 2004. Chemical Pesticides: Mode of action and toxicology. CRS press, Boca Raton, Florida. 296 pp.
- Sun, X. & Barrett, B. 1999. Fecundity and fertility changes in adult codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) exposed to surfaces treated with tebufenozide and methoxyfenozide. *J. Econ. Entomol.* 92: 1039-1044.
- Sunderland, K. 1999. Mechanisms underlying the effects of spiders on pest populations. *J. Arachnol.* 27: 308-316.
- Sunderland, K. & Greenstone, M. 1999. Summary and future directions for research on spiders in agroecosystems. *J. Arachnol.* 27: 397-400.
- Sunderland, K. & Samu, F. 2000. Effects of agricultural diversification on the abundance, distribution, and pest control potential of spiders: a review. *Entomol. Exp. Appl.* 95: 1-13.
- Sunderland, K.; Fraser, A. & Dixon, F. 1986. Field and laboratory studies on money spiders (Linyphiidae) as predators of cereal aphids. *J. Appl. Ecol.*, 23: 433-447.
- Surendra Nath, B. 2000. Changes in carbohydrate metabolism in hemolymph and fat body of the silkworm, *Bombyx mori* L., exposed to organophosphorus insecticides. [Pestic. Biochem. Physiol.](#) 68(3): 127-137.

- Symondson, W.; Sunderland, K. & Greenstone, M. 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents?. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 561-594.
- Tanigoshi, L. & Congdon, B. 1983. Laboratory toxicity of commonly-used pesticides in California citriculture to *Euseius hibisci* (Chant) (Acarina: Phytoseidae). *J. Econ. Entomol.* 76: 247-250.
- Terashima, J.; Sakurai, S. & Bownes, M. 2005. Nutritional status affects 20-hydroxyecdysone concentration and progression of oogenesis in *Drosophila melanogaster*. *J. Endocrinol.* 187: 69-79.
- Thompson, G.; Hutchins, S. & Sparks, T. 2004. Development of spinosad and attributes of a new class of insect control products. Dow AgroSciences LLC. <http://ipmworld.umn.edu/chapters/hutchins2.htm>
- Tietjen, W. 2006. Pesticides affect the mating behavior of *Rabidosa rabida* (Araneae, Lycosidae). *J. Arachnol.* 34: 285-288.
- Tietjen, W. & Cady, A. 2007. Sublethal exposure to a neurotoxic pesticide affects activity rhythms and patterns of four spider species. *J. Arachnol.* 35: 396-406.
- Todd, S. 1983. Prey selection by the neotropical spider *Alpaida tuonabo* with notes on web-site tenacity. *Psyche* 90: 123-133.
- Toft, S. 1999. Prey choice and spider fitness. *J. Arachnol.* 27: 301-307.
- Toft, S. & Jensen, P. 1998. No negative sublethal effects of two insecticides on prey capture and development of a spider. *Pest. Sci.* 52(3): 223-228.
- Topping, C. 2002. Spider model description. ALMaSS (Animal, Landscape & Man Simulation System). National Environmental Research Institute, Department of Landscape Ecology. <http://www.dmu.dk/NR/rdonlyres/08109388-D514-46AF-8474-70584B9963CF/73284/SpiderModelDescription.pdf>

- Toti, D.; Coyle, F. & Miller, J. 2000. A structured inventory of Appalachian grass bald and heath bald spider assemblages and a test of species richness estimator performance. *J. Arachnol.* 28: 329-345.
- Trabalon, M.; Niogret, J. & Legrand-Frossi, C. 2005. Effect of 20-hydroxyecdysone on cannibalism, sexual behavior, and contact sex pheromone in the solitary female spider, *Tegenaria atrica*. *Gen. Comp. Endocr.* 144: 60-66.
- Turnbull, A. 1962. Quantitative studies of the food of *Linyphia triangularis* Clerck (Araneae: Linyphiidae). *Can. Entomol.* 94: 1233-1249.
- Turnbull, A. 1965. Effects of prey abundance on the development of the spider *Agelenopsis potteri* (Blackwell) (Araneae: Agelenidae). *Can. Entomol.* 97: 141-147.
- Turnbull, A. 1973. Ecology of the true spiders (Araneomorphae). *Annu. Rev. Entomol.* 18: 305-348.
- Ubick, D.; Paquin, P.; Cushing, P. & Roth, V. 2005. Spiders of North America: an Identification Manual. Amer. Arachn. Soc. 377 pp.
- Uetz, G.; Halaj, J. & Cady, A. 1999. Guild structure of spiders in major crops. *J. Arachnol.* 27: 270-280.
- Uhl, G.; Nessler, S. & Schneider, J. 2007. Copulatory mechanism in a sexually cannibalistic spider with genital mutilation (Araneae: Araneidae: *Argiope bruennichi*). *Zoology* 110(5): 398-408.
- Umaña, G. 1987. Ciclo de vida y biología de la reproducción de *Theridion rufipes* Lucas (Araneae, Theridiidae) en Costa Rica. *Aracnol.* 7: 1-9.

- Van den Berg, A.; Dippenaar-Schoeman, A. & Schoonbee, H. 1990. The effect of two pesticides on spiders in South African cotton fields. *Phytophylactica* 22:435–441.
- Van Nimmen, E.; Gellynck, K.; Gheysens, T.; Van Langenhove, L. & Mertens, J. 2005. Modeling of the stress-strain behavior of egg sac silk of the spider *Araneus diadematus*. *J. Arachnol.* 33: 629-639.
- Vichitbandha, P. & Wise, D. 2002. A field experiment on the effectiveness of spider and carabid beetles as biocontrol agents in soybean. *Agr. Forest Entomol.* 4: 31-38.
- Viera, C. 1995. Estudio de campo en *Metepeira seditiosa* (Keyserlin) (Araneae, Araneidae). Las construcciones y el comportamiento predador. Tesis de Doctorado – opción zoología.
- Viera, C. 2003. Spatial and temporal variability in webs of *Metepeira gressa* (Keyserlin, 1982) (Araneae, Araneidae): a year field study. *Anales de Biología* 25: 13-20.
- Vollrath, F. 1987. Kleptobiosis in spiders. In *Ecophysiology of Spiders* (W. Nentwig ed.) Springer-Verlag, Berlin. Pp. 274-286.
- Wagner, R.; Helfenstein, F. & Danchin, E. 2004. Female choice of young sperm in a genetically monogamous bird. *Proc. R. Soc. Lond. B* 271: 134-137.
- Waldorf, E. 1975. Spider Size, microhabitat selection, and use of food. *The American Midland Naturalist*. Pp. 76-87.
- Walsh, L.; McCormick, C.; Martin, C. & Stocco, D. 2000. Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (StAR) protein expression. *Environ. Health Perspect.* 108: 769–776.



- Wardle, D.; Nicholson, K.; Bonner, K. & Yeates, G. 1999. Effects of agricultural intensification on soil-associated arthropod population dynamics, community structure, diversity and temporal variability over a seven year period. *Soil Biol. Biochem.* 31: 1691–1706.
- Ware, G. & Whitacre, D. 2004. An introduction to insecticides. En: *The Pesticide Book*, 6<sup>th</sup> ed. MeisterPRO Publications. Freeman, San Francisco. 197 pp.
- Weyland, F. 2005. Efecto de prácticas de conservación de suelo sobre la diversidad de artrópodos en lotes de soja. Tesis de licenciatura. Departamento de ecología, Genética y Evolución. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Whitcomb, W. 1974. Predacious insects, spiders and mites of Arkansas cotton fields. *Ark. Agric. Exp. Snt. Bull.* 690. 1-84.
- White, J.; Wagner, R.; Helfenstein, F.; Hatch, S.; Mulard, H.; Naves, L. & Danchin, E. 2008. Multiple deleterious effects of experimentally aged sperm in a monogamous bird. *PNAS* 105(37): 13947–13952.
- Whittaker, R. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- Wiles, J. & Jepson, P. 1993. The dietary toxicity of deltamethrin to the carabid, *Nebria brevicollis* (F). *Pest. Sci.* 38: 329-334.
- Wiles, J. & Jepson, P. 1994. Sublethal effects of deltamethrin residues on the within-crop behavior and distribution of *Coccinella septempunctata*. *Entomol. Exp. Appl.* 72: 33-45.
- Wing, K., Slawecki, R. & Carlson, G. 1988. RH 5849, a nonsteroidal ecdysone agonist: effects on larval Lepidoptera. *Science* 241: 470-472.

- Wise, D. 1993. Spiders in ecological webs. Cambridge University Press, Cambridge. 328 pp.
- Wisniewska, J. & Prokopy, R. 1997. Pesticide effect on faunal composition, abundance, and body length of spiders (Araneae) in apple orchards. Environ. Entomol. 26(4): 763-776.
- Witt, N. 1971. Drugs alter web-building of spiders: a review and evaluation. Behav. Sci. 16(1): 98-113.
- Wright, D. & Verkerk, R. 1995. Integration of chemical and biological control systems for arthropods: evaluation in a multitrophic context. Pest. Sci. 44: 207-218.
- Yasmin, S. & D'Souza, D. 2007. Effect of pesticides on the the reproductive output of *Eisenia fetida*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 79: 529-532.
- Yokoyama, V.; Pritchard, J.; & Dowell, A. 1984. Laboratory toxicity of pesticides to *Geocoris pallens* (Hemiptera: Lygaeidae), a predator in California cotton. J. Encon. Entomol. 77: 10-15.
- Yoshida, M. 2002. Life history of *Tetragnatha praedonia* (Araneae: Tetragnathidae). Acta Arachnologica 51(1): 1-4.
- Young, O. & Edward, G. 1990. Spiders in United States field crops and their potential effect on crop pests. J. Arachnol. 18: 1-27.
- Zar, H. 1996. Biostatistical analysis. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 718 pp.